



Esta obra está bajo una [Licencia
Creative Commons Atribución-
NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**Propuesta para la actualización del diseño geométrico de la carretera vecinal
Yuracyacu- El Valle de la Conquista, bajo criterios de Seguridad y Economía**

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTORES:

Jhon Franklin Torres Abanto

Elmer Medina Saucedo

ASESOR:

Ing. Juvenal Vicente Díaz Agip

Tarapoto-Perú

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**Propuesta para la actualización del diseño geométrico de la carretera vecinal
Yuracyacu- El Valle de la Conquista, bajo criterios de Seguridad y Economía**

AUTORES:

Jhon Franklin Torres Abanto

Elmer Medina Saucedo

Sustentada y aprobada el día 04 de junio del 2019, ante el honorable jurado:

.....
Ing. Jorge Isaacs Rioja Díaz
Presidente

.....
Ing. Gilberto Aliaga Atalaya
Vocal

.....
Ing. Ernesto Eliseo García Ramírez
Secretario

.....
Ing. Juvenal Vicente Díaz Agip
Asesor

Declaratoria de Autenticidad

Jhon Franklin Torres Abanto identificado con el DNI N° 71217532 y **Elmer Medina Saucedo** con el DNI N° 47063979, egresados de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con la tesis titulada: **Propuesta para la actualización del diseño geométrico de la carretera vecinal Yuracyacu- El Valle de la Conquista, bajo criterios de Seguridad y Economía.**

Declaro bajo juramento que:

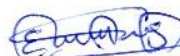
1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni totalmente ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiada; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, con el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios y plagio (al no citar la información con sus autores), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), falsificación (al presentar la información e ideas de otras personas de falsa), entre otros, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 04 de junio del 2019



Bach. Jhon Franklin Torres Abanto
DNI N° 71217532



Bach. Elmer Medina Saucedo
DNI N° 47063979

Declaración Jurada

Jhon Franklin Torres Abanto identificado con el DNI N° 71217532 con domicilio legal Jr. Tres de Octubre N° 245 – Tarapoto y **Elmer Medina Saucedo** identificado con el DNI N° 47063979 con domicilio legal Jr. América N° 342 – Tarapoto, a efecto de cumplir con las Disposiciones Vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, **DECLARO BAJO JURAMENTO**, que todos los documentos, datos e información de la presente tesis y/o Informe de Ingeniería, son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las Normas Académicas de la Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto.

Tarapoto, 04 de junio del 2019



Firma



Firma



Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	TORRES ABANTO JHON FRANKLIN			
Código de alumno :	71217532	Teléfono:	975262677	
Correo electrónico :	torres011195@hotmail.com		DNI:	71217532

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de:	INGENIERIA CIVIL

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título:	PROPUESTA PARA LA ACTUALIZACIÓN DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA VECINAL YUTARYACU - EL VALLE DE LA CONQUISTA, BAJO CRITERIOS DE SEGURIDAD Y ECONOMÍA.
Año de publicación:	2019

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, una licencia No Exclusiva, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".



Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento:

17 / 07 / 2019



Firma del Responsable de Repositorio
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso
Abierto de la UNSM - T.

* **Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	Medino Sarcado Elmer		
Código de alumno :	47063979	Teléfono:	938992571
Correo electrónico :	elmer9213@gmail.com	DNI:	47063979

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	Ingeniería Civil y Arquitectura
Escuela Profesional de:	Ingeniería Civil

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título:	Propuesta para la actualización del diseño geométrico de la carretera vecinal Yuroyacu - El valle de la longuista, bajo criterios de seguridad y economía.
Año de publicación:	2019

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, una licencia No Exclusiva, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".



Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento:

17, 07, 2019



Firma del Responsable de Repositorio
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso
Abierto de la UNSM - T.

*** Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**** Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Dedicatoria

A mis padres Jaime y Marleny quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mis hermanos por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Jhon Franklin Torres Abanto

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones. A mi padre, a pesar de nuestra distancia física, siento que estás conmigo siempre y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí. A mis hermanos por estar siempre conmigo y apoyarme incondicionalmente en esta etapa de mi vida sin ellos no hubiera logrado esta meta.

Elmer Medina Saucedo

Agradecimientos

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes.

De igual manera mis agradecimientos a la Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto, a toda la Facultad de Ingeniería Civil, a mis profesores quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada una de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

Jhon Franklin Torres Abanto

Me van a faltar páginas para agradecer a las personas que se han involucrado en la realización de este trabajo, sin embargo, merecen reconocimiento especial mi Madre y mi Padre que con su esfuerzo y dedicación me ayudaron a culminar mi carrera universitaria y me dieron el apoyo suficiente para no decaer cuando todo parecía complicado e imposible.

De igual forma, agradezco a mi Asesor de Tesis, que gracias a sus consejos y correcciones hoy puedo culminar este trabajo. A los Profesores que me han visto crecer como persona, y gracias a sus conocimientos hoy puedo sentirme dichoso y contento.

Elmer Medina Saucedo

Índice

Dedicatoria	vi
Agradecimientos.....	vi
Índice	viii
Índice de Tablas	xi
Índice de Figuras	xiii
Resumen	xv
Abstract	xvi
Introducción	1
CAPÍTULO I REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	2
1.1 Generalidades.....	vii
1.2 Exploración Preliminar Orientado a la Investigación	3
1.3 Aspectos Generales del Estudio.....	4
1.3.1 Ubicación Geografica del Proyecto.....	4
1.3.2 Vías de Acceso	6
1.4 Antecedentes del Problema.....	6
1.5 Planteamiento del Problema	8
1.6 Delimitación del Problema	8
1.7 Formulación del Problema.....	9
1.8 Objetivos	9
1.8.1 Objetivo General	9
1.8.2 Objetivos Específicos	9
1.9 Justificación de la Investigación	10
1.10 Delimitación de la Investigación.....	10
1.11 Marco Teórico.....	10
1.11.1 Antecedentes de la Investigación	11
1.11.2 Bases Teóricas	12
1.11.2.1 Criterios de Diseño	12
1.11.2.2 Clasificación de las Carreteras	13
1.11.2.3 Vehículos de Diseño	16
1.11.2.4 Características del Tránsito	18
1.11.2.5 Velocidad de Diseño	19
1.11.2.6 Distancias de Visibilidad	20

1.11.2.7 Diseño Geométrico en Planta- Alineamiento Horizontal	23
1.11.2.8 Diseño Geométrico en Perfil – Alineamiento Verical.....	43
1.11.2.9 Diseño Geométrico de la Sección Transversal	47
CAPÍTULO II MATERIAL Y MÉTODOS.....	52
2.1 Materiales	52
2.1.1 Recursos Humanos.....	52
2.1.2 Recursos Materiales y Servicios	52
2.1.3 Recursos Equipos	52
2.2 Metodología de la Investigación.....	52
2.2.1 Universo y/o Muestra	52
2.2.2 Sistema de Variables	53
2.2.3 Tipo y Nivel de Investigación.....	53
2.2.4 Diseño del Método de la Investigación	53
2.2.5 Fuentes Técnicas e Instrumentos de Selección de Datos	54
2.2.6 Procesamiento de la Información.....	54
CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	55
3.1 Climatología e Hidrología	55
3.2 Ecología	56
3.3 Aspectos de Mecánica de Suelos	56
3.4 Condición Económica	57
3.5 Actividades Principales y Niveles de Vida.....	58
3.6 Estudio de Tráfico	58
3.7 Estudio de Diseño Geométrico	62
3.8 Alineamiento Horizontal	64
3.9 Alineamiento Vertical	67
3.10 Pendiente Longitudinal.....	70
3.11 Calculo de los Elementos de las Curvas Horizontales	71
3.12 Estudio de Señalización.....	77
3.13 Estudio de Drenaje	78
3.14 Ubicación de Fuentes de Agua	79
CONCLUSIONES.....	80
RECOMENDACIONES.....	81
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	82
ANEXOS	84

Anexo 01. Encuenta de Proyección	85
Anexos 02: Planos	87

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Datos básicos de los vehículos de tipo M utilizados para el dimensionamiento de carreteras</i>	17
Tabla 2 <i>Rangos de la Velocidad de Diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía</i>	19
Tabla 3 <i>Distancia de visibilidad de parada (metros)</i>	21
Tabla 4 <i>Coeficientes de parada en pavimento húmedo y a nivel</i>	21
Tabla 5 <i>Longitud de curva mínima</i>	23
Tabla 6 <i>Deflexión máxima aceptable sin curva circular</i>	24
Tabla 7 <i>Fricción transversal máxima en curvas</i>	26
Tabla 8 <i>Valores de Peralte Máximo</i>	26
Tabla 9 <i>Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carreteras</i>	27
Tabla 10 <i>Proporción del peralte (p) a desarrollar en tangente</i>	32
Tabla 11 <i>Radios circulares límites que permiten prescindir de la curva de transición</i>	37
Tabla 12 <i>Radios que permiten prescindir de la curva de transición en carreteras de Tercera Clase</i>	37
Tabla 13 <i>Variación de la aceleración transversal</i>	38
Tabla 14 <i>Variación lineal del sobreancho de 80 cm, en 20 m de desarrollo</i>	42
Tabla 15 <i>Pendientes máximas</i>	44
Tabla 16 <i>Anchos mínimos de calzada en tangente</i>	49
Tabla 17 <i>Ancho de bermas en función a la clasificación de la vía, velocidad de diseño y orografía</i>	49
Tabla 18 <i>Anchos mínimos de Derecho de Vía</i>	50
Tabla 19 <i>Tipos de servicios</i>	57
Tabla 20 <i>Estado Situacional del Camino Vecinal en Estudio</i>	59
Tabla 21 <i>Tráfico Actual</i>	60
Tabla 22 <i>Características básicas para la superficie de rodadura de las Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsitos</i>	61
Tabla 23 <i>Relación de BMS ubicados en campo</i>	63
Tabla 24 <i>Radios mínimos empleados en el trazo</i>	65
Tabla 25 <i>Longitudes mínimas de transición de bombeo y transición de peralte (m)</i>	66
Tabla 26 <i>Peraltes empleados en curvas horizontales</i>	66

Tabla 27 <i>Sobreancho de la calzada en curvas circulares (m) (calzada de dos carriles de circulación)</i>	67
Tabla 28 <i>Índice “K” para el calculo de la longitud de curva vertical convexa</i>	69
Tabla 29 <i>Índice “K” para el calculo de la longitud de curva vertical cóncava</i>	69
Tabla 30 <i>Pendientes máximas</i>	70
Tabla 31 <i>Señales de Tránsito Proyectadas</i>	77

Índice de Figuras

Figura 1: Ubicación referencial del tramo de estudio. (Elaboración propia -referencia: Google Earth)	4
Figura 2: Mapa de Ubicación Geográfica y Política del tramo de estudio. (Elaboración propia -referencia: GEOGPS-Perú)	5
Figura 3: Distancia de visibilidad de paso o adelantamiento (en metros). (Fuente: Manual DG-2014)	22
Figura 4: Simbología de la curva circular (Fuente: Manual DG-2014).....	25
Figura 5: Relación entre radios que enlacen curvas circulares consecutivas sin tangente intermedia. Así como mediante tangente de longitud o igual que 200 m para carreteras del grupo 1, (Fuente: Manual DG-2014)	28
Figura 6: Relación entre radios que enlacen curvas circulares consecutivas sin tangente intermedia. Así como mediante tangente de longitud menor o igual que 200m para carreteras del grupo2, (Fuente: Manual DG-2014).....	28
Figura 7: Curva peraltada que contrarresta la fuerza centrípeta – (Fuente: Civil Consulting & CAD Express).....	29
Figura 8: Peralte para zona rural (Tipo 3 o 4)-Fuente: Manual DG-2014	29
Figura 9: Fin de Berma Normal - (Fuente: Propia)	30
Figura 10: Fin de Bombeo Normal - (Fuente: Propia)	31
Figura 11: Bombeo Nivelado (Fuente: Propia)	31
Figura 12: Bombeo al revés (Fuente: Propia)	31
Figura 13: Berma al Revés (Fuente: Propia).....	32
Figura 14: Inicio de Curva Circular (PC) – Fuente: Propia	33
Figura 15: Inicio de Peralte Máximo - Fuente: Propia	33
Figura 16: Vista tridimensional de la transición de peralte - Fuente: Civil Consulting & CAD Express	34
Figura 17: Proyección de perfil de la transición de peralte - Fuente: Civil Consulting & CAD Express	34
Figura 18: Configuración de curva circular con curvas de transición-(Fuente: Propia) ...	36
Figura 19: Proyección de perfil de la transición de peralte en curva con espirales - Fuente: Civil Consulting & CAD Express	40
Figura 20: Desarrollo del sobreebanco para una curva sin espirales -Fuente (Civil Consulting & CAD Express SAC)	42

Figura 21: Elementos de la curva vertical simétrica- Fuente: Manual DG-2014.....	44
Figura 22: Longitud mínima de curva vertical convexa con distancias de visibilidad de parada-Fuente: Manual DG-2014)	46
Figura 23: Longitud mínima de curvas verticales convexas con distancias de visibilidad de paso-Fuente: Manual DG-2014	46
Figura 24: Longitud mínima de curva vertical cóncava-Fuente: Manual DG-2014	47
Figura 25: Sección transversal típica a media ladera vía de dos carriles en tangente- Fuente: Manual DG-2014	48

Resumen

Gran parte del crecimiento económico de las regiones del Perú se ve influenciado por las adecuadas condiciones de conexión entre sus centros económicos más relevantes. Este es el caso de la región San Martín, cuyo desarrollo económico se ve favorecido por las actividades de agricultura y turismo. Estas actividades económicas son posibles por la infraestructura vial existente. Sin embargo, existen aún deficiencias, por ejemplo, en la carretera que sirve como vía de paso en sus distritos de Yuracyacu y El Valle de la Conquista de la provincia de Rioja. Por ello, la presente tesis es una propuesta de mejora del transporte en el Tramo de la vía mencionada, partiendo del centro poblado Yuracyacu, hasta el poblado El Valle de la Conquista, en la provincia de Rioja, San Martín.

El objetivo principal es mejorar el transporte de carga y pasajeros a partir de una propuesta de diseño geométrico de la vía (como alternativa a la existente). Así mismo, es diseñar la señalización pertinente a modo de otorgarle la seguridad que toda carretera debe tener. Ambos diseños a partir del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2014 y el Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras 2016, respectivamente.

A partir de estudios básicos de ingeniería, como son la topografía, geología y geotecnia, ha sido posible definir los mejores criterios y soluciones de diseño geométrico. La vía, actualmente Camino Vecinal, sería una carretera de tercera clase diseñada en 40 Kph, aumentando en 15 Kph la velocidad con la que se movilizan los usuarios actualmente. Se ha definido un ancho de calzada de 6.0 m y pendientes longitudinales en el orden de 3.5%. Y respecto a la seguridad vial, se ha optado por usar los más adecuados dispositivos de seguridad, así como las señales reglamentarias, preventivas e informativas. Se han definido, también, demarcaciones en el pavimento a manera de complementar información y prevenir accidentes en la carretera diseñada. Por último, se ha desarrollado una rutina de cálculo (macro) en Microsoft Excel que permite el cálculo automático de ciertos parámetros de diseño basados en la norma DG-2014, la cual permite automatizar el diseño.

Finalmente, a partir del diseño geométrico y la señalización planteada, se logra una mejora en el transporte de carga y pasajeros, pues se reducirían tiempos y costos de viaje. Y esto es la parte importante en lo que se refiere a rentabilidad del proyecto y el posterior crecimiento económico de la región.

Palabras clave: Diseño geométrico, camino vecinal, señalización.

Abstract

Much of the economic growth of the regions of Peru is influenced by the adequate conditions of connection between its most important economic centers. This is the case of the San Martín region, whose economic development is favored by agriculture and tourism activities. These economic activities are possible because of the existing road infrastructure. However, there are still deficiencies, for example, on the road that serves as a way of passage in their districts of Yuracyacu and the Valley of the Conquest of the province of Rioja. Therefore, the following thesis is a proposal to improve transport in the section of the mentioned road, starting from the town center Yuracyacu, to the town of Valle de la Conquista, in the province of Rioja, San Martín.

The main objective is to improve the transport of cargo and passengers from a proposal of geometric design of the road (as an alternative to the existing one). Likewise, it is designing the relevant signage in order to give the security that every road must have both designs from the Road Geometric Design Manual DG-2014 and the Manual of Traffic Control Devices for Streets and Roads 2016, respectively.

From basic engineering studies, such as topography, geology and geotechnics, it has been possible to define the best criteria and geometric design solutions. The road, currently a terrain track, would be a third class road designed at 40 Kph, increasing by 15 Kph the speed with which users are currently mobilized a roadway width of 6.0 m and longitudinal slopes have been defined in the order of 3.5%. And with regard to road safety, we have chosen to use the most appropriate safety devices, as well as the regulatory, preventive and informative signs. Demarcations have also been defined on the pavement in order to complement information and prevent accidents on the designed road. Finally, a calculation routine (macro) has been developed in Microsoft Excel that allows the automatic calculation of certain design parameters based on the DG-2014 standard, which allows automating the design.

Finally, based on the geometric design and the raised signaling, an improvement in the transport of cargo and passengers is achieved, since travel times and costs would be reduced. And this is the important part in terms of the profitability of the project and the subsequent economic growth of the region.

Keywords: Geometric design, neighborhood road, signage.



Introducción

Según el último informe del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), el crecimiento económico del Perú (PBI), en el primer trimestre del 2018, fue de 3.2% respecto del mismo periodo del año 2016. Parte de este crecimiento corresponde al sector Transporte, Almacenamiento, Correo y Mensajería, cuyo crecimiento fue de 5.0%, siendo la cuarta actividad económica que mayor crecimiento tuvo. Esto refleja el acertado balance entre la oferta y la demanda en lo que se refiere a transporte de carga y pasajeros por las vías terrestres existentes (INEI, 2018:9).

Por consiguiente, el Perú es un país donde se necesitan de más proyectos de infraestructura vial, y mejoras en los ya existentes. Estos propósitos son principalmente impulsados por las entidades estatales y en menor medida por las privadas. Y para ejecutarlos es necesario contar con propuestas de proyectos viales idóneos, eficaces, eficientes, económicos, y seguros, de modo que se logren los objetivos de desarrollo y crecimiento mencionados.

Dentro del marco del proyecto global de infraestructura vial, es el diseño geométrico la fase más predominante, pues, es a partir de este que se establecen las características geométricas representadas tridimensionalmente, de modo que resulte funcional, segura, cómoda, estética, económica y compatible con el medio ambiente (Cárdenas 2013:2)

En particular, el proyecto de Tesis tiene como objetivo diseñar **“Propuesta para la actualización del diseño geométrico de la carretera vecinal Yuracyacu- El Valle de la Conquista, bajo criterios de Seguridad y Economía”**, esta vía es actualmente un camino de bajo tránsito de 7.28 Km, en afirmado. Se encuentra en la provincia de Rioja, dentro de la región de San Martín, el diseño propuesto satisface los criterios del Manual de Diseño Geométrico 2014 (DG 2014) del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, no obstante, se tomaron en cuenta las recomendaciones y criterios de normas o manuales internacionales.

Se obtuvo la información topográfica del lugar a partir de la generación de curvas de nivel mediante el software Global Mapper. Con el terreno plasmado tridimensionalmente en el software de diseño AutoCAD Civil 3D, se procede a realizar el alineamiento horizontal de la carretera. Posteriormente se realizó el alineamiento vertical, y finalmente se realizó un análisis de los volúmenes de corte y relleno con el diseño final.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Generalidades

La Red Vial Vecinal del Perú, tiene especial importancia como base para el progreso y bienestar económico y social de los distritos, constituyéndose en integrador y facilitador del intercambio social, cultural y económico de los pueblos, asimismo facilita enormemente la implementación de otros proyectos en Salud, Educación, y Producción.

Actualmente, la política económica en nuestro país está orientada a lograr de forma integral el desarrollo productivo, económico y social de las regiones, para lo cual el Gobierno Regional de San Martín ha visto por necesidad dotar de una mayor eficiencia y calidad en los servicios de tal forma que se asegure y promuevan las inversiones privadas que muchos beneficios generan en todos los campos de la actividad económica y social, por lo que es necesario e imprescindible estar acorde con la dinámica de desarrollo, liderar este proceso y siempre estar a la vanguardia de los cambios estructurales que sufre el país en su conjunto. El crecimiento de la población hace que existan más necesidades de crecimiento de producción de alimentos básicos, por lo que los productores buscan aumentar áreas de cultivo, alejándose cada vez más de las vías principales como las vías nacionales y departamentales, por lo que se hacen necesarios la apertura y el buen estado de transitabilidad de nuevas vías de comunicación, para el transporte de los productos cultivados en la zona.

Las condiciones sociales y de producción en general y particularmente de la zona rural en estudio, se han visto sumamente afectadas por motivos del deterioro de los accesos viales a zona de producción agrícola con respecto a los mercados de consumo, este efecto va afectando también la calidad de vida de las familias de los productores de la zona, con el alza incontrolable de tarifas y fletes, pérdidas de la producción agropecuaria, provocando numerosos accidentes de tránsito.

Con el presente proyecto se pretende dar una propuesta para el mejoramiento del estado de la vía y garantizar el buen servicio de transitabilidad a los productores de la Zona.

Por lo que la investigación desarrollará un aporte y contribución a la sociedad, conscientes de la problemática vial en la provincia de Rioja.

1.2. Exploración Preliminar Orientado a la Investigación

En la actualidad el país busca un desarrollo integral en base a la eficiencia y calidad de servicios, garantizando para ello la seguridad a los inversionistas privados a fin de facilitar las condiciones de invertir en todos los campos de la actividad económica, y por tanto, el departamento de San Martín no está ajeno a esta realidad, trabajando conjuntamente con el capitalista para dedicar su concentración principalmente en las vías de comunicación aportando significativamente al desarrollo socio-económico de la población, educación y también el intercambio intercultural entre comunidades, y así estar avanzando en su bienestar económico y social de sus diferentes distritos.

Las vías vecinales apertura la comunicación de dos puntos, requiere de un estado de transitabilidad adecuada y para ello es necesario hacer un trabajo adecuado y cumpliendo con las normas y este proceso se denomina diseño geométrico y realiza a través de los estudios preliminares como estudio de tráfico, estudio de la geometría de la vía como diseño en planta, diseño en perfil, diseño transversal. Ya que a través de estos estudios se establecerá la configuración geométrica tridimensional con el fin de que la vía sea funcional.

Para realizar un correcto trabajo de diseño geométrico, se hace necesario principalmente los trabajos de campo y como información primaria se considera las encuestas y aforos a los productores del sector, para obtener la información como las áreas cultivadas, los tipos de productos cultivados y los costos de transporte de los mismos.

El mayor porcentaje de los caminos vecinales de la provincia de Rioja no cuentan con un estado de transitabilidad adecuado, generando a la población preocupación y descontento con las autoridades, ya que el transporte de los productos de cultivo hacia los mercados de consumo se hace más difícil, donde los vehículos pesados de transporte se ven en la necesidad de reducir la velocidad de marcha, retroceder, invadir el carril contrario, realizando maniobras peligrosas y provocando numerosos accidentes de tránsito.

1.3. Aspectos Generales del Estudio

1.3.1. Ubicación Geográfica del Proyecto

El tramo en materia del presente estudio tiene una longitud total de 7.28 Km. y se desarrolla en la provincia de Rioja, en el distrito de Yuracyacu, empezando en el Empalme SM – 569 (Yuracyacu) hasta llegar al Valle de la Conquista.

Aspecto Político

Localidades	:	Yuracyacu- Valle de la Conquista
Distrito	:	Yuracyacu
Provincia	:	Rioja
Región	:	San Martín

Aspecto Cartográfico

<u>Punto Inicial</u>	:	Yuracyacu
Altitud	:	1,034.61 msnm
Coordenadas UTM Norte	:	9345169
Coordenadas UTM Este	:	254474.38
<u>Punto Final</u>	:	Valle de la Conquista
Altitud	:	1,035.84 msnm
Coordenadas UTM Norte	:	9343145.49
Coordenadas UTM Este	:	259720.95

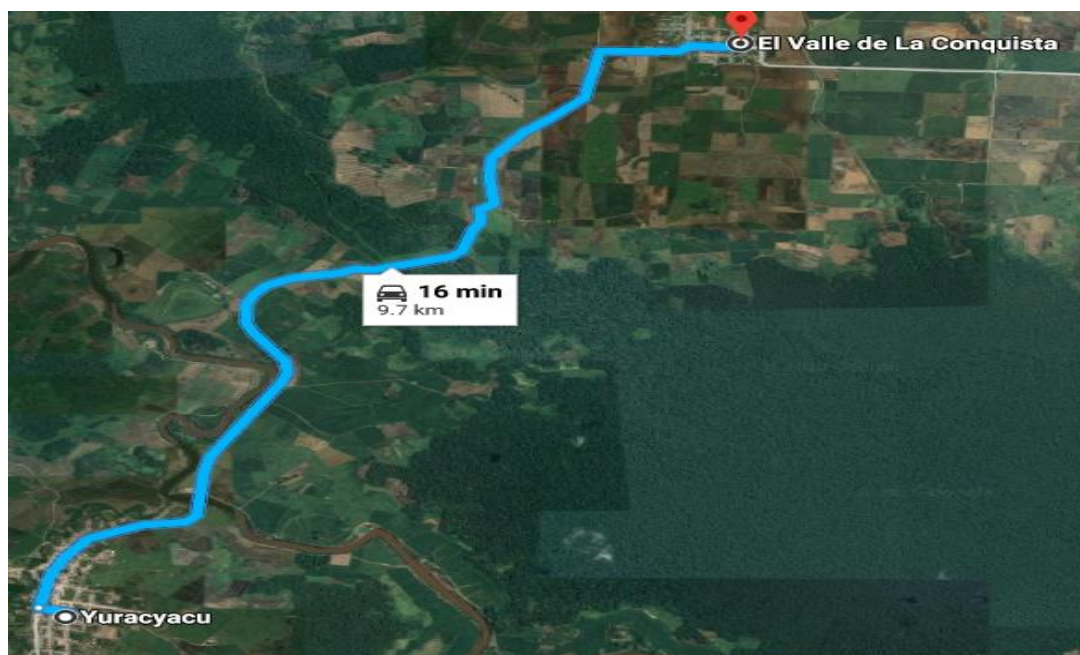


Figura 1: Ubicación referencial del tramo de estudio. (Elaboración propia -referencia: Google Earth)

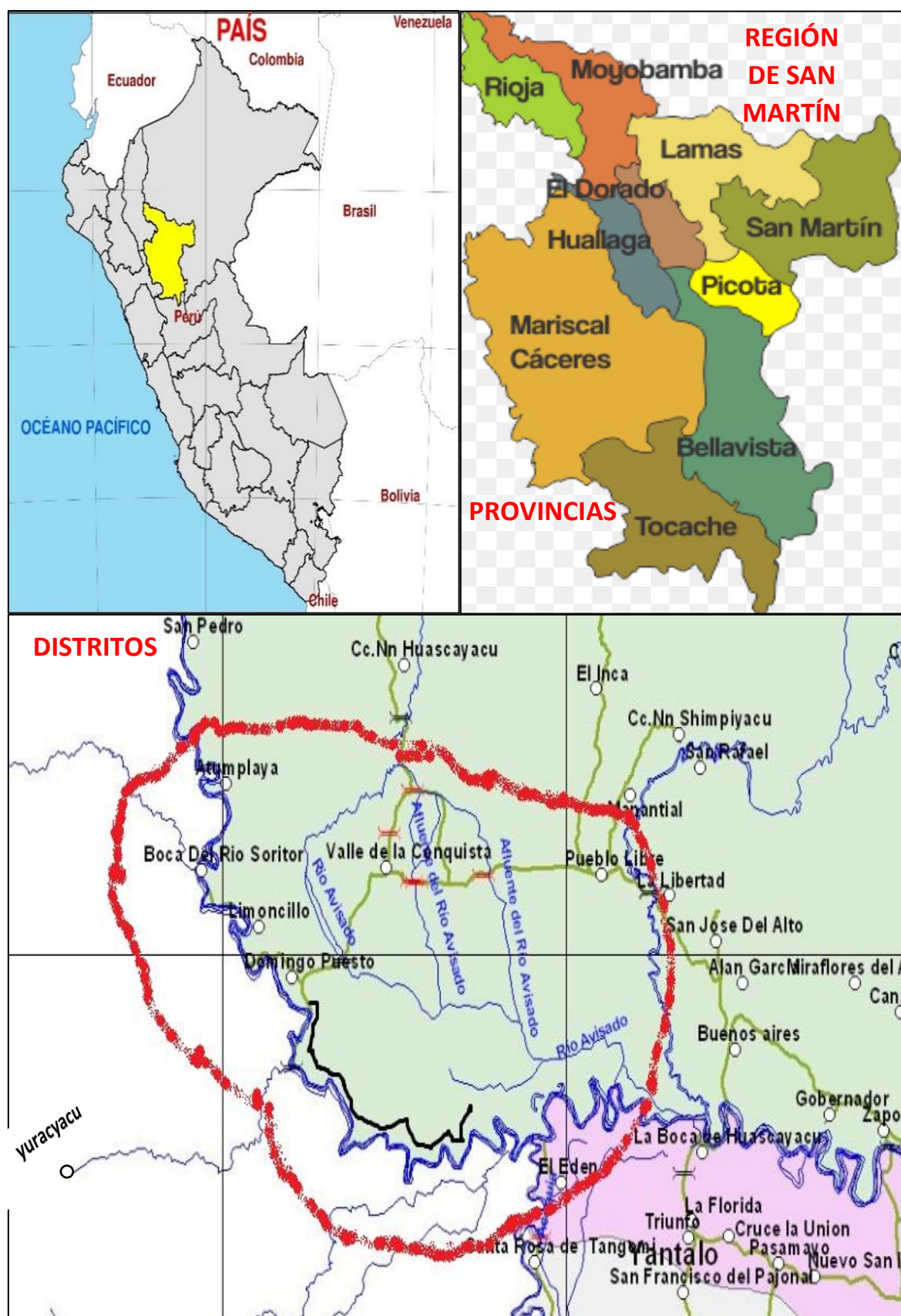


Figura 2: Mapa de Ubicación Geográfica y Política del tramo de estudio. (Elaboración propia -referencia: GEOGPS-Perú)

1.3.2 Vías de Acceso

La zona en estudio es accesible por vías terrestres, y parcialmente por vía aérea.

Vías Terrestre

Carreteras Principales.

Partiendo de la ciudad de Lima por la Panamericana Norte, pasando por Chiclayo hasta Olmos, de aquí se sigue a lo largo de la carretera de penetración asfaltada que une a la carretera Fernando Belaunde Terry (antes Marginal de la Selva), cubriendo el tramo: Bagua Grande, Pedro Ruiz, Nueva Cajamarca, de donde se continua por la trocha carrozable que va hacia San Fernando y Yuracyacu (7 km apróx.).

Carreteras Secundarias

Existen carreteras de segundo orden en un estado de conservación regular y transitable todo el año, que integran los valles productivos de Yuracyacu y Valle de la Conquista, con los distritos vecinos: San Fernando, Nueva Cajamarca, Pueblo Libre, Posíc, Rioja y es el puerto de acceso a Yuracyacu y al Valle de la Conquista y toda la margen izquierda de la Provincia de Moyobamba, tramos de acceso.

Yuracyacu – San Fernando – Nueva Cajamarca.

Yuracyacu – Ucrania – Nueva Cajamarca.

Yuracyacu – Valle Grande - Segunda Jerusalén.

Yuracyacu – El Tambo – Posíc – Rioja.

Yuracyacu – Puente Río Mayo - Valle de la Conquista – Pueblo Libre. (ámbito de la Provincia de Moyobamba, margen izquierda del Río Mayo)

Vía Aérea

El distrito de Yuracyacu, cuenta con acceso aéreo de helicópteros (asumiendo al estadio municipal como helipuerto), y vía el aeropuerto de rioja.

1.4 Antecedentes del Problema

Las Carreteras Vecinales de importancia regional necesitan ser reforzadas. Existen caminos en la región que unen distintos centros poblados que se interconectan a la Carretera Marginal Fernando Belaunde Terry. Estas vías alimentan a las vías regionales y nacionales y deben

ser mejoradas. Para orientar la posible inversión futura, se sintetizan estos caminos vecinales por Sub Espacios, Áreas de Tratamiento.

La función de estas vías es de singular importancia, pues estimulan el progreso de regiones aisladas y deprimidas económicamente, generalmente de buen potencial productivo que, por la carencia o deterioro de los caminos, permanecen inexplorados o con sistemas artesanales de explotación orientados básicamente a cubrir las necesidades de autoconsumo.

La vialidad rural es un elemento de vital importancia para las economías de los Gobiernos Locales toda vez que es un elemento de integración que contribuye al intercambio económico y por lo tanto a la mejora económica de la población, al ordenamiento territorial y en general al desarrollo económico.

Por ello, garantizar una adecuada transitabilidad de la red vial vecinal en las jurisdicciones de los Gobiernos Locales es un objetivo a alcanzar a fin de permitir la mejora de las economías. Ello implica la ejecución de las inversiones estrictamente necesarias, que solucionen verdaderos problemas de las vías, con las tecnologías y costos adecuados.

El desarrollo de una nación depende en gran medida, de la extensión y el estado de su red vial. Los caminos y carreteras condicionan la capacidad y velocidad de movilización de personas y mercancías, aspectos que repercuten directamente en el progreso social, político y económico.

La importancia y servicios de las carreteras que demandan el país y la necesidad de adoptarlas a la creciente exigencia de cada uno de los pueblos al interior, motiva hacer estudios de construcción, rehabilitación, mejoramiento y mantenimiento de carreteras, cuya finalidad es obtener carreteras en buen estado de transitabilidad en cualquier época del año.

Parte de la situación económica de los pobladores de las localidades de Yuracyacu y el Valle de la conquista, se debe a que la trocha que une estas localidades se encuentra intransitable por lo esto agrava aún más su situación ya que les impide su traslado oportuno de sus alimentos y encarece el tránsito de los pobladores.

Se ha observado la necesidad de elaborar la tesis titulada **“Propuesta para la actualización del diseño geométrico de la carretera vecinal Yuracyacu- El Valle de la Conquista, bajo criterios de Seguridad y Economía”**.

1.5 Planteamiento del Problema

Teniendo en cuenta el diagnostico situacional del servicio, ha permitido identificar el problema principal es el bajo nivel de transitabilidad ya que las zonas productivas del Sector Yuracyacu y El Valle de la Conquista, se encuentran conectadas de un camino vecinal que se está deteriorando por la falta de un mantenimiento adecuado, reduciéndose el ancho de calzada, erosión de plataforma y a la vez dificulta el traslado por el acceso a la vía por el mal estado de la misma.

El proyecto a elaborar busca realizar el diseño geométrico de la Carretera que une la Localidad de Yuracyacu – El Valle de la Conquista, del distrito de Rioja , la provincia de Rioja , Región de San Martín; que consiste en el diseño de las secciones rectas y tangentes de la vía, estén unidas por curvas, para el diseño geométrico de curvas horizontales debemos reducir las curvas horizontales al mínimo, se tratara de utilizar curvas abiertas usando las más pronunciadas para las condiciones más críticas. En lo que concierne al diseño geométrico de curvas verticales se usan para proporcionar un cambio gradual entre las tangentes de la pendiente, de modo que los vehículos puedan transitar sin tropiezo a medida que recorren el tramo.

1.6 Delimitación del Problema

La presente investigación se ha delimitado en el sector que comprende la Localidad de Yuracyacu – Valle de la Conquista (Km 00+000 al 07+280.00), del distrito de Yuracyacu, la provincia de Rioja, Región de San Martín.

El Diseño Geométrico de éste importante camino vecinal permitirá facilitar el tránsito vehicular de la zona, propiciando el desarrollo de los pueblos involucrados, a través de la cual, los pequeños y medianos agricultores, madereros o ganaderos podrán trasladar sus

productos hacia los mercados de comercialización en cualquier época del año con la mayor facilidad del caso.

1.7 Formulación del Problema

Los pobladores de la localidad de Yuracyacu – El Valle de la Conquista, del distrito de Yuracyacu tienen la necesidad de contar con una vía de acceso rápida, que pueda integrarse con la carretera Marginal Fernando Belaunde Terry, y por ende con los principales mercados para comercializar sus productos y elevar cuantitativamente el comercio y el movimiento económico de la zona en estudio.

De manera que es necesario responder la siguiente interrogante: ¿En qué medida la propuesta para la actualización del Diseño Geométrico bajo criterios de Seguridad y Economía del camino vecinal Yuracyacu – El Valle de la Conquista, mejorará las condiciones socioeconómicas y seguridad de la población de estas localidades y anexos?

1.8 Objetivos

1.8.1 Objetivo General

Realizar la propuesta para la actualización del Diseño Geométrico de la carretera vecinal Yuracyacu- El Valle de la Conquista, bajo criterios de Seguridad y Economía.

1.8.2 Objetivos Específicos

Ejecutar los estudios de Topografía, para el diseño del tramo propuesto.

Elaborar el diseño geométrico horizontal y vertical de la carretera, de acuerdo con la norma vigente de diseño de carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (DG 2014), y tomando en cuenta criterios, métodos y/o principios de manuales internacionales, de manera que resulte cómoda y segura para los usuarios.

Calcular el Índice de tráfico y el tipo de tráfico en el tramo.

Calcular las Curvas Horizontales y Verticales en Gabinete.

1.9 Justificación de la Investigación

La infraestructura vial existente se encuentra en pésimas condiciones, debido a la falta mínimos de parámetros de diseño geométrico , obviado en la etapa inicial de apertura del camino vecinal, y por las condiciones climatológicas adversas como son; las fuertes precipitaciones que se dan en la zona, así como también la acumulación de agua de lluvia en ciertos tramos, convierte esta carretera en intransitable en épocas de invierno, creando un ambiente inadecuado de traslado de los grandes volúmenes de producción hacia los mercados de consumo y su integración tanto regional como nacional.

En forma general, se puede afirmar que el Camino Vecinal Yuracyacu – El Valle de la Conquista, Distrito de Yuracyacu, Provincia de Rioja, se encuentra afectada en toda su longitud, motivo por el cual la transitabilidad, resulta inadecuada, puesto que los costos de transporte y los tiempos de viaje aumentan, bajo las condiciones indicadas en el párrafo anterior. Asimismo, en algunas ocasiones originan un flujo vehicular restringido, lo que conlleva a que los productos de la zona no lleguen oportunamente al mercado, y la producción tienda a perderse, así como también se tiene la pérdida de horas hombre por los largos tiempos de viaje y por consiguiente la población referenciada presenta dificultad para acceder a servicios básicos como son: educación y salud.

1.10 Delimitación de la Investigación

La presente investigación se ha delimitado en el sector que comprende la Localidad de Yuracyacu – El Valle de la Conquista (Km 00+000 al 07+280), del Distrito de Yuracyacu, la Provincia de Rioja, Región de San Martín.

1.11 Marco Teórico

El presente capítulo abarca los principales temas que dan fundamento a la investigación, presentando antecedentes teóricos de la investigación, bases teóricas y definición de términos básicos.

1.11.1 Antecedentes de la Investigación

En el tramo de estudio no se han encontrado estudios similares, sin embargo, se ha consultado bibliografía que pueden aportar de forma muy importante al desarrollo de este estudio, a continuación, se presentan algunas de las investigaciones relacionadas al tema desarrollado.

Cárdenas Grisales, James, 2005, publica su libro denominado: “Diseño Geométrico de Carreteras”, libro consultado para la elaboración del presente informe, pues da recomendaciones sobre el reconocimiento preliminar de la zona en estudio y detalla los cálculos para el diseño geométrico de los elementos que conforman una carretera.

Ibáñez Walter, 2012, publica su libro denominado: “Manual de Costos y Presupuestos de Obras Viales”, libro consultado para la elaboración del presente informe, pues detalla en cuanto a especificadores técnicas, rendimientos, para presupuestos de obras viales.

Morales U, Walter, 2013, publica su libro denominado: “Infraestructura de riego”, libro consultado para la elaboración del presente informe, pues especifica los criterios de diseño de obras de arte tales como cunetas y obras de cruce (Alcantarillas).

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, presenta la versión Manual de Carreteras “Diseño Geométrico (DG-2014)”, es la actualización del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2013), aprobado por R.D. N° 031 - 2013 - MTC/14, consultado para la elaboración del presente informe, es un documento normativo que organiza y recopila las técnicas y procedimientos para el diseño vial, en función a su concepción y desarrollo, y acorde a determinados parámetros. Abarca la información necesaria y los diferentes procedimientos, para la elaboración del diseño geométrico de los proyectos, de acuerdo a su categoría y nivel de servicio, en concordancia con las demás normativas vigente sobre la gestión de la infraestructura vía.

John Jairo Agudelo Ospina, 2002, tesis de grado, “Diseño Geométrico de Vías”, de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín. En dicha tesis se desarrolló de acuerdo con el Manual de Diseño Geométrico de Vías, publicado en el año 1998 por el Instituto Nacional de Vías de Colombia, y la experiencia adquirida por el autor a lo largo de su

desempeño profesional como ingeniero de trazado y diseño de carreteras. Aunque las normas y recomendaciones indicadas se aplican principalmente sobre vías rurales, los elementos, ecuaciones y cálculos presentados, son las mismas para las vías urbanas.

1.11.2 Bases Teóricas

Las bases teóricas del presente trabajo de investigación, está conformado por la clasificación de las carreteras, criterios y controles básicos para el diseño geométrico, diseño geométrico en planta, perfil y sección transversal, para la elaboración del diseño geométrico de la carretera vecinal.

1.11.2.1 Criterios de Diseño

El diseño geométrico es una de las partes más importantes de un proyecto de carreteras y a partir de diferentes elementos y factores, internos y externos, se configura su forma definitiva de modo que satisfaga de la mejor manera aspectos como la seguridad, la comodidad, la funcionalidad, el entorno, la economía, la estética y la elasticidad.

a) **Seguridad:** La seguridad de una carretera debe ser la premisa más importante en el diseño geométrico. Se debe obtener un diseño simple y uniforme, exento de sorpresas, fácil de entender para el usuario y que no genere dudas en este. Cuanto más uniforme sea la curvatura de una vía será mucho más segura. Se debe dotar a la vía de la suficiente visibilidad, principalmente la de parada y de una buena y apropiada señalización, la cual debe ser ubicada antes de darse al servicio la vía.

b) **Comodidad:** De igual manera que la seguridad, la comodidad se incrementa al obtener diseños simples y uniformes ya que esto disminuye los cambios de velocidad, aceleraciones y desaceleraciones. Cuando no se pueda lograr una buena uniformidad, se debe dotar la vía de una curvatura con transiciones adecuadas de modo que permita a los conductores adaptarse de la mejor manera a las velocidades de operación que esta brinda a lo largo de su recorrido.

c) **Funcionalidad:** Se debe garantizar que los vehículos que transitan una vía circulen a velocidades adecuadas permitiendo una buena movilidad. La funcionalidad la determina

el tipo de vía, sus características físicas, como la capacidad, y las propiedades del tránsito como son el volumen y su composición vehicular. Por ejemplo, si se tiene una vía con altas pendientes y se espera que el volumen de vehículos pesados sea alto, se deberá pensar en dotar a la vía de una buena capacidad, construyendo carriles adicionales que permitan el tránsito de estos vehículos sin entorpecer la movilidad de los vehículos livianos.

d) Entorno: Se debe procurar minimizar al máximo el impacto ambiental que genera la construcción de una carretera, teniendo en cuenta el uso y valores de la tierra en la zona de influencia y buscando la mayor adaptación física posible de esta al entorno o topografía existente.

e) Economía: Hay que tener en cuenta tanto el costo de construcción como el costo del mantenimiento. Se debe buscar el menor costo posible, pero sin entrar en detrimento de los demás objetivos o criterios, es decir buscar un equilibrio entre los aspectos económicos, técnicos y ambientales del proyecto.

f) Estética: Se debe buscar una armonía de la obra con respecto a dos puntos de vista, el exterior o estático y el interior o dinámico. El estático se refiere a la adaptación de la obra con el paisaje, mientras que el dinámico se refiere a lo agradable que sea la vía para el conductor. El diseño debe de ser de tal forma que no produzca fatiga o distracción al conductor con el fin de evitar posibles accidentes.

g) Elasticidad: Procurar la elasticidad suficiente de la solución definitiva para prever posibles ampliaciones en el futuro y facilitar la comunicación e integración con otras vías. Además, se debe pensar en la posibilidad de interactuar con otros medios de transporte (fluvial, aéreo, férreo) de modo que haya una transferencia, tanto de carga como de pasajeros, de una forma rápida, segura y económica.

1.11.2.2 Clasificación de las Carreteras

Las carreteras se pueden clasificar a partir de diferentes criterios. A continuación, se presentan las diferentes clasificaciones.

1.11.2.2.1 Clasificación por Demanda

Las carreteras del Perú se clasifican, en función a la demanda en:

a) Autopistas de Primera Clase

Son carreteras con IMDA (Índice Medio Diario Anual) mayor a 6.000 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central mínimo de 6,00 m; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3,60 m de ancho como mínimo, con control total de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos, sin cruces o pasos a nivel y con puentes peatonales en zonas urbanas.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

b) Autopistas de Segunda Clase

Son carreteras con un IMDA entre 6.000 y 4.001 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central que puede variar de 6,00 m hasta 1,00 m, en cuyo caso se instalará un sistema de contención vehicular; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3,60 m de ancho como mínimo, con control parcial de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos; pueden tener cruces o pasos vehiculares a nivel y puentes peatonales en zonas urbanas.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

c) Carreteras de Primera Clase

Son carreteras con un IMDA entre 4.000 y 2.001 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3,60 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

d) Carreteras de Segunda Clase

Son carreteras con IMDA entre 2.000 y 400 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3,30 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

e) Carreteras de Tercera Clase

Son carreteras con IMDA menores a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3,00 m de ancho como mínimo. De manera excepcional estas vías podrán tener carriles hasta de 2,50 m, contando con el sustento técnico correspondiente.

Estas carreteras pueden funcionar con soluciones denominadas básicas o económicas, consistentes en la aplicación de estabilizadores de suelos, emulsiones asfálticas y/o micro pavimentos; o en afirmado, en la superficie de rodadura. En caso de ser pavimentadas deberán cumplirse con las condiciones geométricas estipuladas para las carreteras de segunda clase.

f) Trochas Carrozables

Son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh/día. Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4,00 m, en cuyo caso se construirá ensanches denominados plazoletas de cruce, por lo menos cada 500 m.

La superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar.

1.11.2.2.2 Clasificación por Orografía

Las carreteras del Perú, en función a la orografía predominante del terreno por dónde discurre su trazado, se clasifican en:

a) Terreno plano (tipo 1)

Tiene pendientes transversales al eje de la vía, menores o iguales al 10% y sus pendientes longitudinales son por lo general menores de tres por ciento (3%), demandando un mínimo de movimiento de tierras, por lo que no presenta mayores dificultades en su trazado.

b) Terreno ondulado (tipo 2)

Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 11% y 50% y sus pendientes longitudinales se encuentran entre 3% y 6 %, demandando un moderado movimiento de tierras, lo que permite alineamientos más o menos rectos, sin mayores dificultades en el trazado.

c) Terreno accidentado (tipo 3)

Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 51% y el 100% y sus pendientes longitudinales predominantes se encuentran entre 6% y 8%, por lo que requiere importantes movimientos de tierras, razón por la cual presenta dificultades en el trazado.

d) Terreno escarpado (tipo 4)

Tiene pendientes transversales al eje de la vía superiores al 100% y sus pendientes longitudinales excepcionales son superiores al 8%, exigiendo el máximo de movimiento de tierras, razón por la cual presenta grandes dificultades en su trazado.

1.11.2.3 Vehículos de Diseño

Las características de los vehículos tipo indicados, definen los distintos aspectos del dimensionamiento geométrico y estructural de una carretera. Así, por ejemplo:

- El ancho del vehículo adoptado incide en los anchos del carril, calzada, bermas y sobreebancho de la sección transversal, el radio mínimo de giro, intersecciones y gálibo.
- La distancia entre los ejes influye en el ancho y los radios mínimos internos y externos de los carriles.
- La relación de peso bruto total/potencia, guarda relación con el valor de las pendientes admisibles.

Conforme al Reglamento Nacional de Vehículos, se consideran como vehículos ligeros aquellos correspondientes a las categorías L (vehículos automotores con menos de cuatro ruedas) y M1 (vehículos automotores de cuatro ruedas diseñados para el transporte de pasajeros con ocho asientos o menos, sin contar el asiento del conductor).

Serán considerados como vehículos pesados, los pertenecientes a las categorías M (vehículos automotores de cuatro ruedas diseñados para el transporte de pasajeros, excepto la M1), N (vehículos automotores de cuatro ruedas o más, diseñados y construidos para el transporte de mercancías), O (remolques y semirremolques) y S (combinaciones especiales de los M, N y O).

Tabla 1

Datos básicos de los vehículos de tipo M utilizados para el dimensionamiento de carreteras.

Tipo de vehículo	Alto total	Ancho total	Vuelo lateral	Ancho ejes	Largo total	Vuelo delantero	Separación ejes	Vuelo trasero	Radio mín. rueda exterior
Vehículo ligero (VL)	1,30	2,10	0,15	1,80	15,80	0,90	3,40	1,50	17,30
Ómnibus de dos ejes (B2)	4,10	2,60	0,00	2,60	13,20	2,30	8,25	2,65	12,80
Ómnibus de tres ejes (B3-1)	4,10	2,60	0,00	2,60	14,00	2,40	7,55	4,05	13,70
Ómnibus de cuatro ejes (B4-1)	4,10	2,60	0,00	2,60	15,00	3,20	7,75	4,05	13,70
Ómnibus articulado (BA-1)	4,10	2,60	0,00	2,60	18,30	2,60	6,70 / 1,90 / 4,00	3,10	12,80
Semirremolque simple (T2S1)	4,10	2,60	0,00	2,60	20,50	1,20	6,00 / 12,50	0,80	13,70
Remolque simple (C2R1)	4,10	2,60	0,00	2,60	23,00	1,20	10,30 / 0,80 /	0,80	12,80
Semirremolque doble (T3S2S2)	4,10	2,60	0,00	2,60	23,00	1,20	5,40 / 6,80 / 1,40 / 6,80	1,40	13,70
Semirremolque remolque (T3S2S1S2)	4,10	2,60	0,00	2,60	23,00	1,20	5,45 / 5,70 / 1,40 / 2,15 / 5,70	1,40	13,70
Semirremolque simple (T3S3)	4,10	2,60	0,00	2,60	20,50	1,20	5,40 / 11,90	2,00	1

Fuente: Según Reglamento Nacional de Vehículos (D.S. N° 058-2003-MTC o el que se encuentre vigente)

De esta forma camiones y ómnibus en general, requerirán dimensiones geométricas más generosas que en el caso de vehículos ligeros. Ello se debe a que, en su mayoría, los primeros son más anchos, tienen distancias entre ejes más largas y mayor radio mínimo de giro, que son las principales dimensiones de los vehículos que afectan el alineamiento horizontal y la sección transversal.

1.11.2.4 Características del Tránsito

1.11.2.4.1 Índice Medio Diario Anual (IMDA)

Los valores de IMDA para tramos específicos de carretera, proporcionan al proyectista, la información necesaria para determinar las características de diseño de la carretera, su clasificación y desarrollar los programas de mejoras y mantenimiento. Los valores vehículo/día son importantes para evaluar los programas de seguridad y medir el servicio proporcionado por el transporte en carretera.

La carretera se diseña para un volumen de tránsito, que se determina como demanda diaria promedio a servir hasta el final del período de diseño, calculado como el número de vehículos promedio, que utilizan la vía por día actualmente y que se incrementa con una tasa de crecimiento anual.

Cabe recalcar que el Índice Medio Diario Anual (IMDA) viene a ser el promedio aritmético de los volúmenes diarios para todos los días del año previsible en 20 años, tiempo considerado como vida útil de la carretera proyectada. (Manual DG- 2014, 2014:95)

1.11.2.4.2 Volumen Horario de Diseño (VHD)

El patrón de tráfico en cualquier carretera, muestra una variación considerable en los volúmenes de tránsito, durante las distintas horas del día y de cada hora durante todo el año.

En caminos de alto tránsito, es el volumen horario de diseño (VHD), y no el IMDA, lo que determina las características que deben otorgarse al proyecto, para evitar problemas de congestión y determinar condiciones de servicio aceptables. Por lo tanto, una decisión clave para el diseño, consiste en determinar cuál de estos volúmenes de tránsito por hora, debe ser utilizado como base para el diseño.

El volumen horario de proyecto corresponde a un porcentaje entre el 12% y el 18% del IMDA estimado para el año horizonte del proyecto.

1.11.2.5 Velocidad de Diseño

Es la velocidad escogida para el diseño, entendiéndose que será la máxima que se podrá mantener con seguridad y comodidad, sobre una sección determinada de la carretera, cuando las circunstancias sean favorables para que prevalezcan las condiciones de diseño.

La Velocidad de Diseño está definida en función de la clasificación por demanda u orografía de la carretera a diseñarse. A cada tramo homogéneo se le puede asignar la Velocidad de Diseño en el rango que se indica en la Tabla 2.

Tabla 2

Rangos de la Velocidad de Diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.

CLASIFICACIÓN	OROGRAFÍA	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO VTR (km/h)										
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Autopista de primera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Autopista de segunda clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de primera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de segunda clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de tercera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											

Fuente: Manual DG-2014.

Todos aquellos elementos geométricos de los alineamientos horizontal, de perfil y transversal, tales como radios mínimos, pendientes máximas, distancias de visibilidad, peraltes, anchos de carriles y bermas, sobreanchos y otros más dependen de la velocidad de diseño y varían con un cambio de ella.

1.11.2.6 Distancias de Visibilidad

Es la longitud continua hacia adelante de la carretera, que es visible al conductor del vehículo para poder ejecutar con seguridad las diversas maniobras a que se vea obligado o que decida efectuar. En los proyectos se consideran tres distancias de visibilidad:

- Visibilidad de parada.
- Visibilidad de paso o adelantamiento.
- Visibilidad de cruce con otra vía.

Las dos primeras influyen el diseño de la carretera en campo abierto y serán tratadas en esta sección considerando alineamiento recto y rasante de pendiente uniforme.

1.11.2.6.1 Distancia de Visibilidad de Parada:

Es la mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad de diseño, antes de que alcance un objetivo inmóvil que se encuentra en su trayectoria. La distancia de parada sobre una alineación recta de pendiente uniforme, se calcula:

$$DP = \frac{Vt_p}{3.6} + \frac{V^2}{254(f \pm i)} \quad (1)$$

Dónde:

D_p : Distancia de parada (m)

V : Velocidad de diseño

t_p : Tiempo de percepción + reacción (s)

f : Coeficientes de fricción, pavimento húmedo

i : Pendiente longitudinal (tanto por uno)

+i : Subida respecto al sentido de la circulación

-i : Bajada respecto al sentido de circulación.

Se considera obstáculo aquél de una altura a 0,15 m, con relación a los ojos de un conductor que está a 1,07 m sobre la rasante de circulación. De acuerdo al Manual DG-2014, la distancia de visibilidad de parada se obtiene de dos maneras gráficas o empleando la ecuación anterior.

Tabla 3

Distancia de visibilidad de parada (metros)

Velocidad de diseño (km/h)	Pendiente nula o en bajada				Pendiente en subida		
	0%	3%	6%	9%	3%	6%	9%
20	20	20	20	20	19	18	18
30	35	35	35	35	31	30	29
40	50	50	50	53	45	44	43
50	65	66	70	74	61	59	58
60	85	87	92	97	80	77	75
70	105	110	116	124	100	97	93
80	130	136	144	154	123	118	114
90	160	164	174	187	148	141	136
100	185	194	207	223	174	167	160
110	220	227	243	262	203	194	186
120	250	283	293	304	234	223	214
130	287	310	338	375	267	252	238

Fuente: Manual DG-2014

Tabla 4

Coefficientes de parada en pavimento húmedo y a nivel

Design Speed (km/h)	Assumed Speed for Condition (km/h)	Brake Reaction		Coefficient of Friction ^a f	Breaking Distance on Level (m)	Stopping Sight Distance for Design (m)
		Time (s)	Distance (m)			
30	30-30	2.5	20.8-20.8	0.40	8.8-8.8	29.6-29.6
40	40-40	2.5	27.8-27.8	0.38	16.6-16.6	44.4-44.4
50	47-50	2.5	32.6-34.7	0.35	24.8-28.1	57.4-62.8
60	55-60	2.5	38.2-41.7	0.33	36.1-42.9	74.3-84.6
70	63-70	2.5	43.7-48.6	0.31	50.4-62.2	94.1-110.8
80	70-80	2.5	48.6-55.5	0.30	64.2-83.9	112.8-139.4
90	77-90	2.5	53.5-62.5	0.30	77.7-106.2	131.2-168.7
100	85-100	2.5	59.0-69.4	0.29	98.0-135.6	157.0-205.0
110	91-110	2.5	63.2-76.4	0.28	116.3-170.0	179.5-246.4
120	98-120	2.5	68.0-83.3	0.28	134.9-202.3	202.9-285.6

Fuente: AASHTO.

El tiempo de percepción/reacción se asume de 2s de acuerdo a las tendencias vigentes a la fecha

1.11.2.6.2 Distancia de Visibilidad de Adelantamiento:

Es la distancia mínima que debe estar disponible a fin de facultar al conductor del vehículo a sobrepasar a otro que se supone viaja a una velocidad 15 Kph menor, con comodidad y seguridad sin causar alteración en la velocidad de un tercer vehículo que viaja en sentido contrario a la velocidad directriz, y que se hace visible cuando se ha iniciado la maniobra de sobrepaso.

El Manual peruano sugiere mínimas distancias de visibilidad que se obtienen del siguiente gráfico, de acuerdo con la velocidad de diseño.

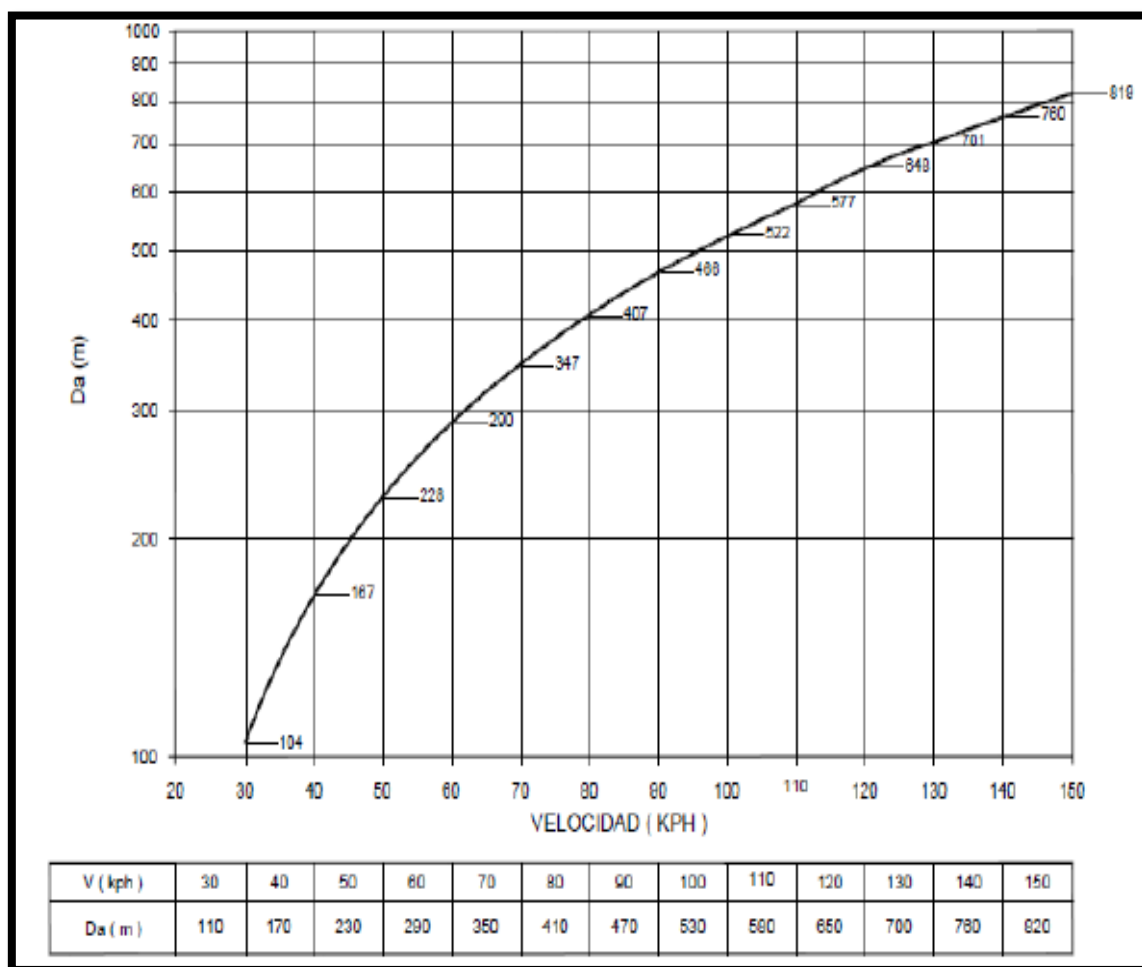


Figura 3: Distancia de visibilidad de paso o adelantamiento (en metros). (Fuente: Manual DG-2014)

1.11.2.7 Diseño Geométrico en Planta- Alineamiento Horizontal

Un punto importante que considerar en relación con el alineamiento horizontal está en minimizar el impacto ambiental que pudiera generarse, preservando la flora, fauna y la geografía de la zona que atraviesa, así como también las propiedades privadas (Manual DG, 2014: 135).

Algunos aspectos a considerar en el diseño en planta:

- Deben evitarse tramos con alineamientos rectos demasiado largos. Tales tramos son monótonos durante el día, y en la noche aumenta el peligro de deslumbramiento de las luces del vehículo que avanza en sentido opuesto. Es preferible reemplazar grandes alineamientos, por curvas de grandes radios.
- Para las autopistas de primer y segundo nivel, el trazado deberá ser más bien una combinación de curvas de radios amplios y tangentes no extensas.
- En el caso de ángulos de deflexión Δ pequeños, iguales o inferiores a 5° , los radios deberán ser suficientemente grandes para proporcionar longitud de curva mínima L obtenida con la fórmula siguiente:

$$L > 30 (10 - \Delta), \Delta < 5^\circ \quad (2)$$

(L en metros; Δ en grados)

No se usará nunca ángulos de deflexión menores de $59'$ (minutos).

La longitud mínima de curva (L) será:

Tabla 5

Longitud de curva mínima

Carretera red nacional	L (m)
Autopista de primer y segunda clase	6 V
Primera, segunda y tercera clase	3 V

Fuente: Manual DG-2014

En carreteras de tercera clase no será necesario disponer curva horizontal cuando la deflexión máxima no supere los valores de la siguiente tabla:

Tabla 6*Deflexión máxima aceptable sin curva circular*

Velocidad de diseño Km/h	Deflexión máxima aceptable sin curva circular
30	2° 30´
40	2° 15´
50	1° 50´
60	1° 30´
70	1° 20´
80	1° 10´

Fuente: Manual DG-2014

En estas carreteras de tercera clase y para evitar la apariencia de alineamiento quebrado o irregular, es deseable que, para ángulos de deflexión mayores a los indicados en el cuadro anterior, la longitud de la curva sea por lo menos de 150 m. Si la velocidad de diseño es menor a 50 km/h y el ángulo de deflexión es mayor que 5°, se considera como longitud de curva mínima deseada la longitud obtenida con la siguiente fórmula $L = 3V$ (L = longitud de curva en metros y V = velocidad en km/h). Es preferible no diseñar longitudes de curvas horizontales mayores a 800 metros.

1.11.2.7.1 Curvas Circulares

Las curvas horizontales circulares simples son arcos de circunferencia de un solo radio que unen dos tangentes consecutivas, conformando la proyección horizontal de las curvas reales o espaciales.

1. Elementos de la curva circular

Los elementos y nomenclatura de las curvas horizontales circulares que a continuación se indican, deben ser utilizadas sin ninguna modificación y son los siguientes:

P.C. : Punto de inicio de la curva

P.I. : Punto de Intersección de 2 alineaciones consecutivas

P.T. : Punto de tangencia

E : Distancia a externa (m)

M : Distancia de la ordenada media (m)

R : Longitud del radio de la curva (m)

T : Longitud de la subtangente (P.C a P.I. y P.I. a P.T.) (m)

L : Longitud de la curva (m)

L.C : Longitud de la cuerda (m)

Δ : Ángulo de deflexión ($^{\circ}$)

p : Peralte; valor máximo de la inclinación transversal de la calzada, asociado al diseño de la curva (%)

Sa : Sobreancho que pueden requerir las curvas para compensar el aumento de espacio lateral que experimentan los vehículos al describir la curva (m)

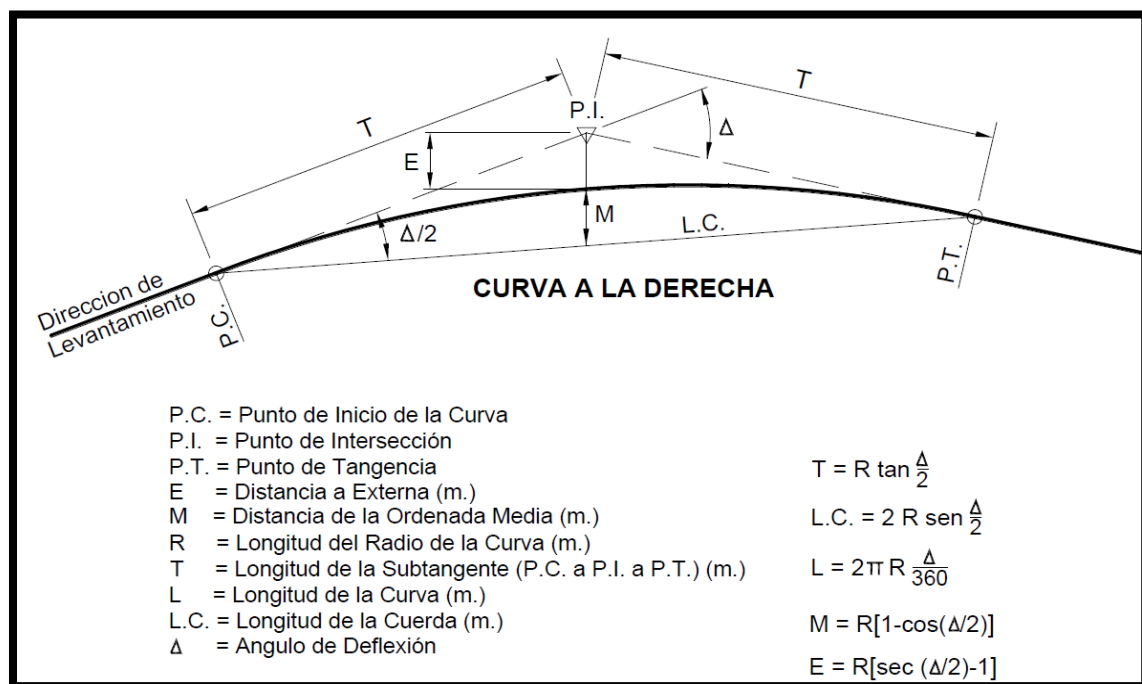


Figura 4: Simbología de la curva circular (Fuente: Manual DG-2014)

2. Radio mínimo

Son los menores radios que pueden recorrerse a la velocidad de diseño y a la tasa máxima de peralte, en condiciones aceptables de seguridad y comodidad.

De acuerdo al Manual DG-2014, el valor del radio mínimo debe ser tal que:

$$R_{min} = \frac{v^2}{127(P_{m\acute{a}x} + f_{m\acute{a}x})} \quad (3)$$

Dónde:

R_{\min} : Radio Mínimo

V : Velocidad de diseño

P_{\max} : Peralte máximo asociado a V (en tanto por uno).

f_{\max} : Coeficiente de fricción transversal máximo asociado a V .

Tabla 7

Fricción transversal máxima en curvas

Velocidad de Diseño Km/h	f_{\max}
20	0.18
30	0.17
40	0.17
50	0.16
60	0.15

Fuente: Manual DG-2014

3. Peralte máximo:

Tabla 8

Valores de Peralte Máximo

Ubicación de la vía	Peralte Máximo
Área Urbana	4%
Área Rural (con peligro de hielo)	6%
Área Rural (plano u ondulado)	8%
Área Rural (accidentado o escarpado)	12%

Fuente: Manual DG-2014

De la ecuación anterior, se observa que el radio mínimo tomará valores pequeños cuando el valor de la fricción máxima transversal sea bajo (implica que la velocidad de diseño sea baja), y cuando la vía se ubique en zonas accidentadas o escarpadas. Se permite radios mínimos con valores altos cuando la velocidad de diseño es alta y cuando la vía se ubique en zonas más planas o urbanas.

El resultado de la aplicación de la indicada fórmula (3) se aprecia en la Tabla 9.

Tabla 9*Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carreteras*

Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	p máx. (%)	f máx.	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)
Área rural (plano u ondulada)	30	8,00	0,17	28,3	30
	40	8,00	0,17	50,4	55
	50	8,00	0,16	82,0	90
	60	8,00	0,15	123,2	135
	70	8,00	0,14	175,4	195
	80	8,00	0,14	229,1	255
	90	8,00	0,13	303,7	335
	100	8,00	0,12	393,7	440
	110	8,00	0,11	501,5	560
	120	8,00	0,09	667,0	755
	130	8,00	0,08	831,7	950

Fuente: Manual DG-2014

En general en el trazo en planta de un tramo homogéneo, para una velocidad de diseño, un radio mínimo y un peralte máximo, como parámetros básicos, debe evitarse el empleo de curvas de radio mínimo; se tratará de usar curvas de radio amplio, reservando el empleo de radios mínimos para las condiciones críticas.

4. Coordinación entre curvas circulares

De acuerdo con el Manual DG-2014, la coordinación entre curvas circulares trata de que entre dos curvas consecutivas sin tangente intermedia o con tangente menor a 200 m de longitud, no puede existir una diferencia abrupta en los radios correspondientes. La relación de radios de las curvas no sobrepasará los valores obtenidos a partir de las Figuras 3 y 4 del Manual. (Manual DG-2014,147)

- Coordinación entre curvas circulares para autopistas y carreteras de 1ra clase. (grupo 1)

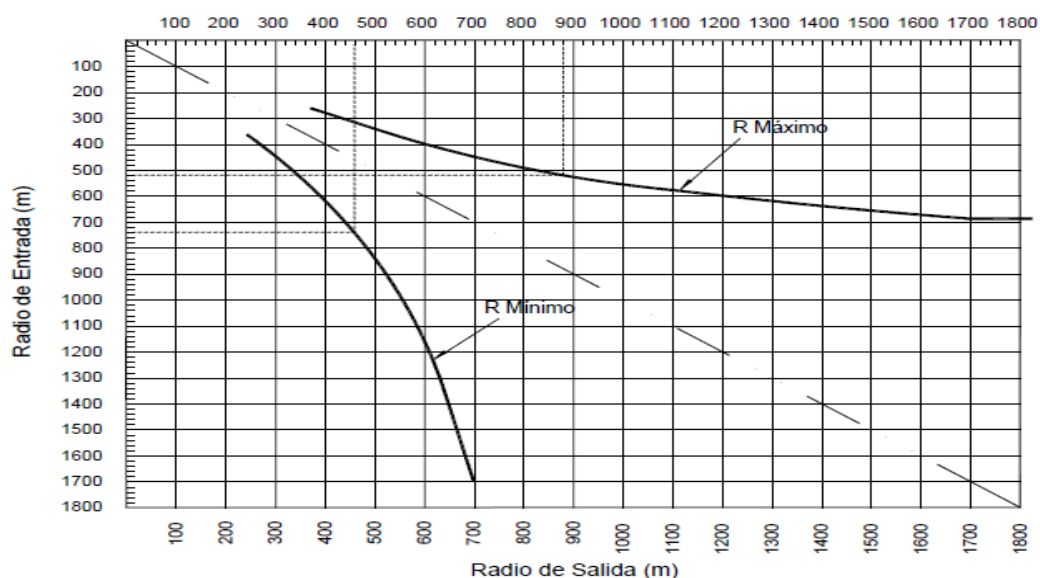


Figura 5: Relación entre radios que enlacen curvas circulares consecutivas sin tangente intermedia. Así como mediante tangente de longitud o igual que 200 m para carreteras del grupo 1, (Fuente: Manual DG-2014)

- Coordinación entre curvas circulares para carreteras de 2da y 3ra clase. (grupo 2)

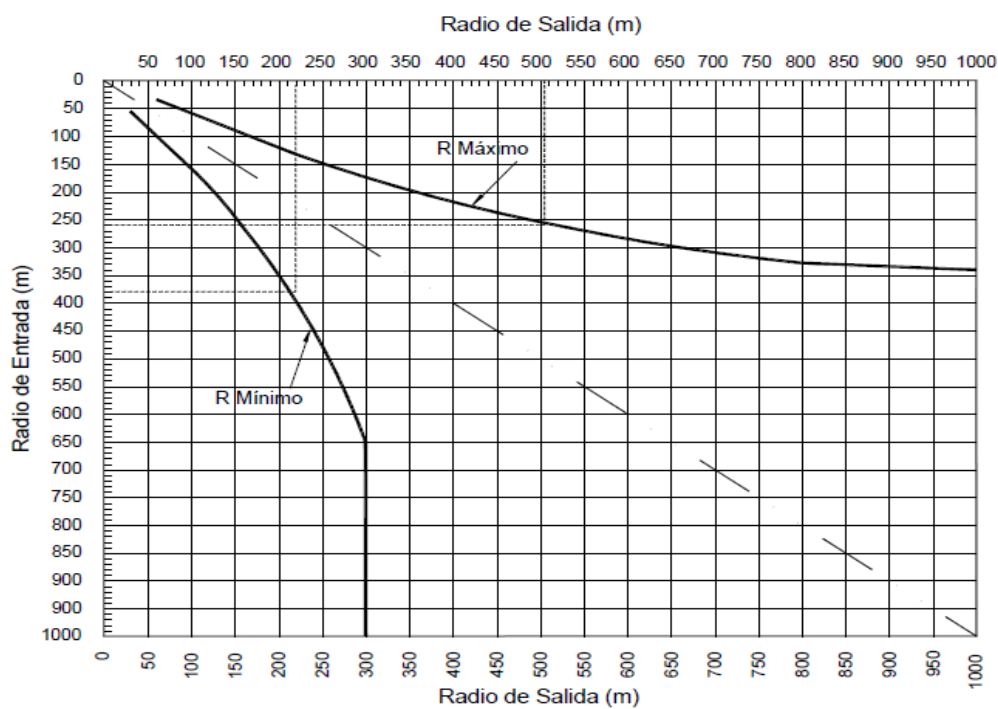


Figura 6: Relación entre radios que enlacen curvas circulares consecutivas sin tangente intermedia. Así como mediante tangente de longitud menor o igual que 200 m para carreteras del grupo 2, (Fuente: Manual DG-2014)

Las figuras anteriores muestran que, por ejemplo, para una carretera de tercera clase, con un radio de entrada de 300 m, el mínimo radio de la siguiente curva debe ser 175m, y como máximo 650 m. Esto sólo se aplica si no existe tangente entre ambas curvas o si la tangente tiene longitud menor a 200 m.

5. Peralte de curvas

Se denomina peralte a la pendiente transversal de la plataforma que ocurre en las curvas de una carretera. Esto con el fin de contrarrestar la fuerza centrífuga que impele al vehículo hacia el exterior de la curva. (CIVIL CONSULTING & CADEXPRESS, 2016:1)

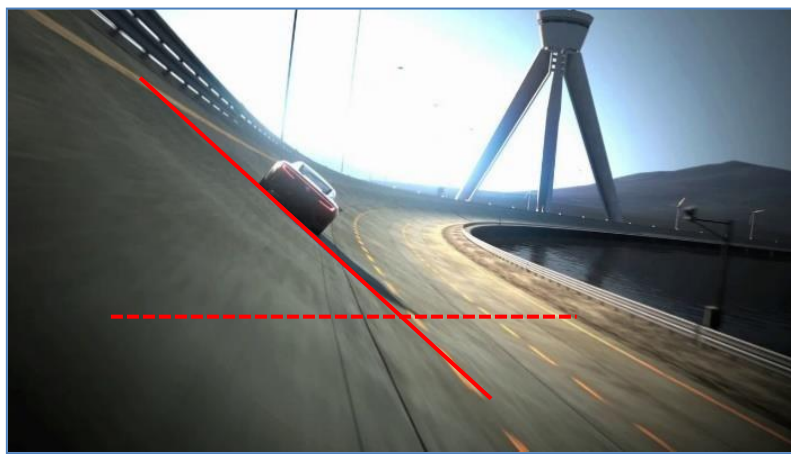


Figura 7: Curva peraltada que contrarresta la fuerza centrípeta – (Fuente: Civil Consulting & CAD Express)

La norma peruana presenta, en diversos gráficos, la variación del peralte respecto al radio asignado a las curvas del trazo diseñado. En cada caso se establece valores de peralte máximo dependen de la orografía o de las características climatológicas.

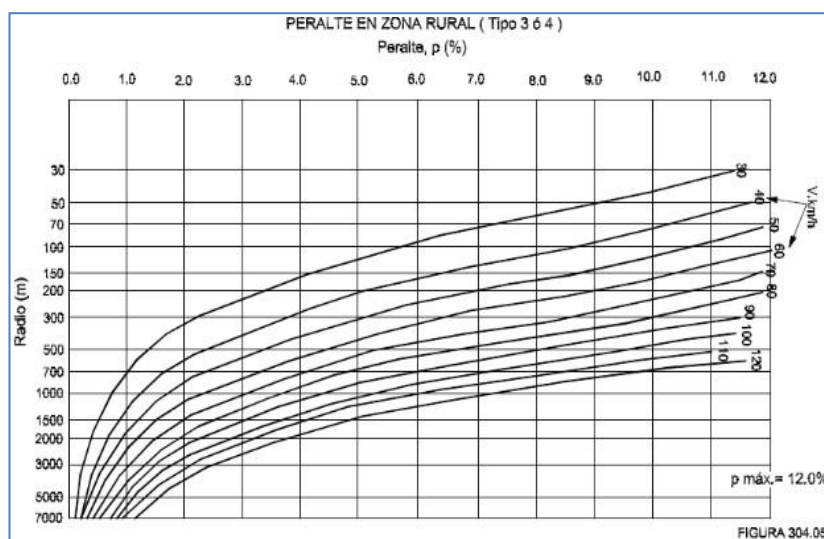


Figura 8: Peralte para zona rural (Tipo 3 o 4)-Fuente: Manual DG-2014

En la figura 6 mostrada, se observa una variación no lineal del peralte con respecto al radio de la curva para cada velocidad de diseño. El valor de peralte máximo vendría a ser 12%, al tratarse de una zona rural (con orografía accidentada o escarpada). Se aprecia que a medida que los radios de las curvas circulares toman valores más grandes, el peralte correspondiente se va haciendo más pequeño. Esto se explica por la relación entre el radio de giro y la fuerza centrípeta; mientras mayor sea el radio, menor será la fuerza que impulsa al vehículo a salir de la curva, y esto se traduce en reducir la inclinación transversal de la calzada.

Por otro lado, la inclinación transversal de la calzada se da en forma gradual a medida que se recorre la curva circular. Es decir, el peralte va incrementándose desde un punto en el tramo tangente hasta el punto donde toma su valor máximo. A este desarrollo gradual se le conoce como transición de peralte.

La longitud de transición del peralte (L_{tp}) en una curva circular, empieza a desarrollarse antes del inicio de curva y llega a su máximo valor un poco después del inicio de curva. Según la norma una vez alcanzado el peralte total, este debe mantenerse en la curva en una extensión $V/3.6$ metros. De preferencia evitar este valor que es demasiado pequeño. (CIVIL CONSULTING & CADEXPRESS, 2016:7)

A continuación, se muestra gráficamente la transición de peralte.

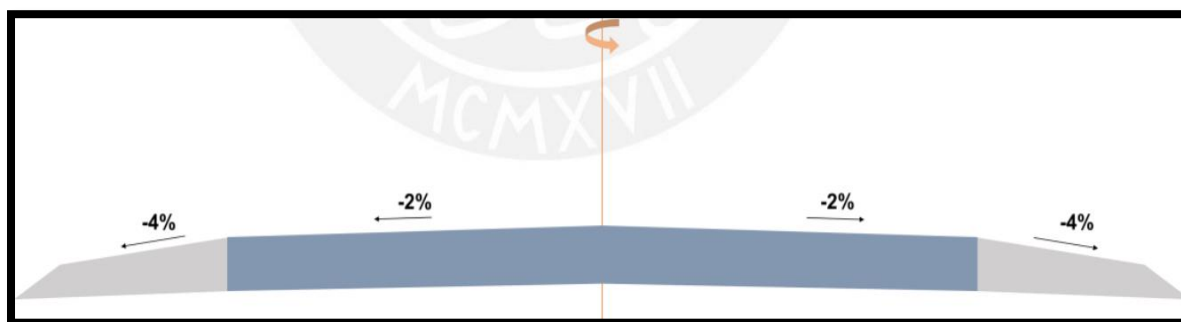


Figura 9: Fin de Berma Normal - (Fuente: Propia)

La figura muestra la sección transversal de la vía en tangente, justo en el momento en que se inicia la disminución de la inclinación de la berma. La disminución será en el lado exterior de la curva. La pendiente de la berma para este ejemplo es de 4%. A este punto se le llama **Fin de Berma Normal (Punto F)**.

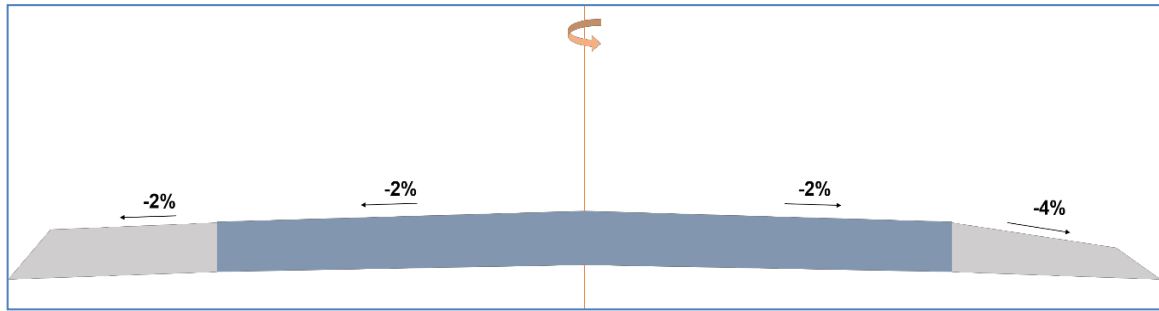


Figura 10: Fin de Bombeo Normal - (Fuente: Propia)

La figura muestra la sección transversal de la vía en tangente, justo en el momento en que se inicia el desvanecimiento del bombeo. El desvanecimiento será en el lado exterior de la curva. El bombeo para este ejemplo es de 2%. A este punto se le llama **Fin de Bombeo Normal (Punto A)**.

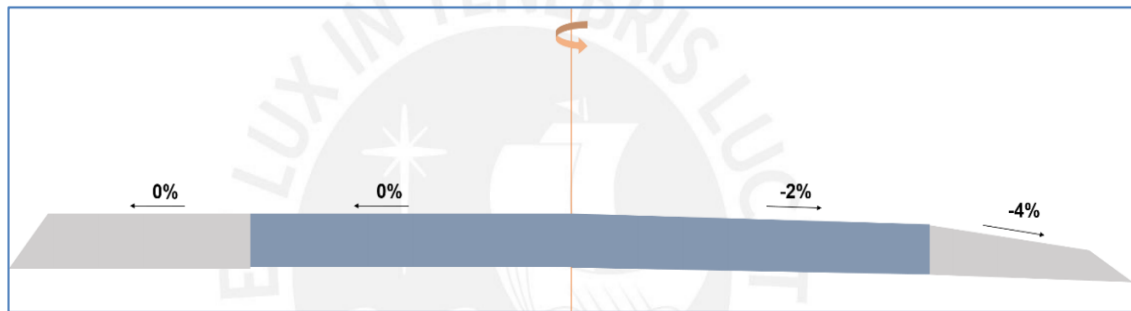


Figura 11: Bombeo Nivelado (Fuente: Propia)

El siguiente punto es cuando el carril exterior se nivela a cero grados. A este punto se le denomina **Bombeo Nivelado (Punto B)**.

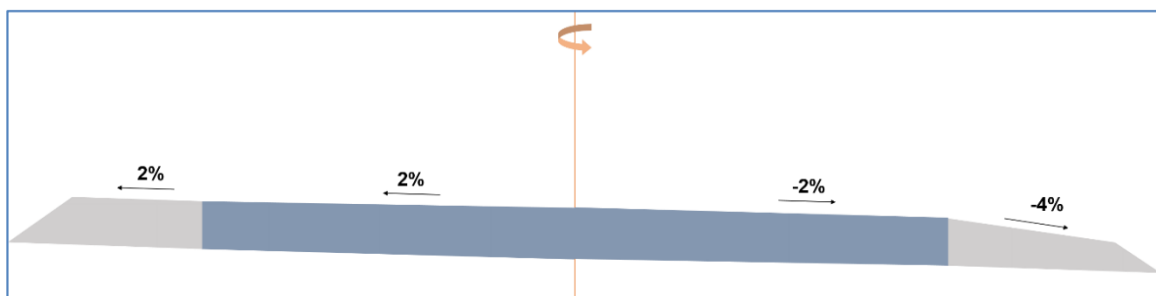


Figura 12: Bombeo al revés (Fuente: Propia)

El siguiente punto notable de la transición de peralte es cuando el carril exterior de la calzada se alinea con el carril interior de la calzada. Ambos carriles tienen el mismo valor de

inclinación, en este caso 2%, pero con signo cambiado. Es negativo cuando está en bombeo y es positivo en el carril exterior, porque el carril se ha elevado hacia arriba. A este punto se le denomina **Bombeo al Revés (Punto C)**.

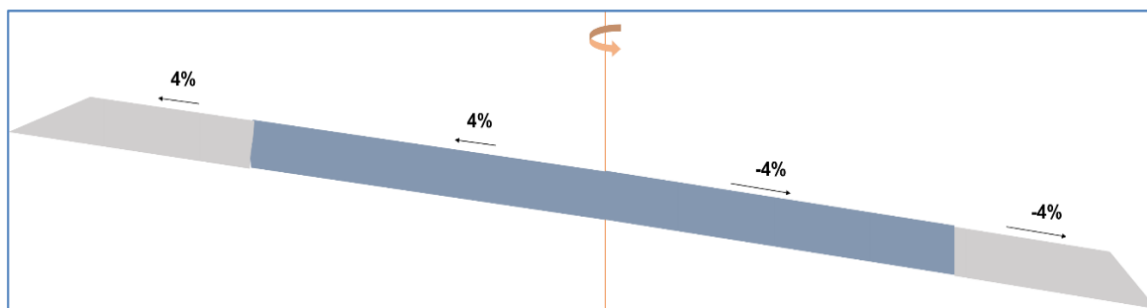


Figura 13: Berma al Revés (Fuente: Propia)

El punto notable de la figura es el que se da cuando, tanto la calzada y las bermas, llegan a inclinarse conjuntamente, obteniendo una pendiente igual a la que tenían en un inicio las bermas. Para este ejemplo, la pendiente de las bermas es 4%. A este punto se le conoce como **Berma al Revés (Punto G)**.

Hasta aquí, todos los puntos notables ocurren antes del inicio de la curva circular. El momento en el que se inicie la curva circular, el peralte ya debe haber superado el 50% de su desarrollo. Esto quiere decir que una parte del desarrollo del peralte ocurre en el tramo tangente. El Manual DG-2014 establece qué proporción de peralte es la que se debe dar en el tramo recto.

Tabla 10:

Proporción del peralte (p) a desarrollar en tangente

$p < 6 = 4.5 \%$	$4.5 \% < p < 6 = 7 \%$	$p > 7 \%$
0.5p	0.7p	0.8p

Fuente: Manual DG-2014

La tabla anterior indica, por ejemplo, que si el peralte asignado a la curva es menor o igual a 4.5%, el 50% del peralte debe desarrollarse en el tramo tangente. A estos valores de 0.5, 0.7 y 0.8 se les conoce como factores “K”, y dependen del valor de peralte asignado a la curva.

A manera de ejemplo, si el peralte de una curva circular es de 8%, corresponde que el 70% ($K=0.7$) del peralte se desarrolle en el tramo tangente. Esto implica que el valor del peralte en el inicio de la curva sea el 70% del 8%, y esto es 5.6%. Entonces, en el inicio de la curva (PC), la calzada, juntamente con las bermas, ya tiene 5.6% de inclinación (Ver Figura 12).

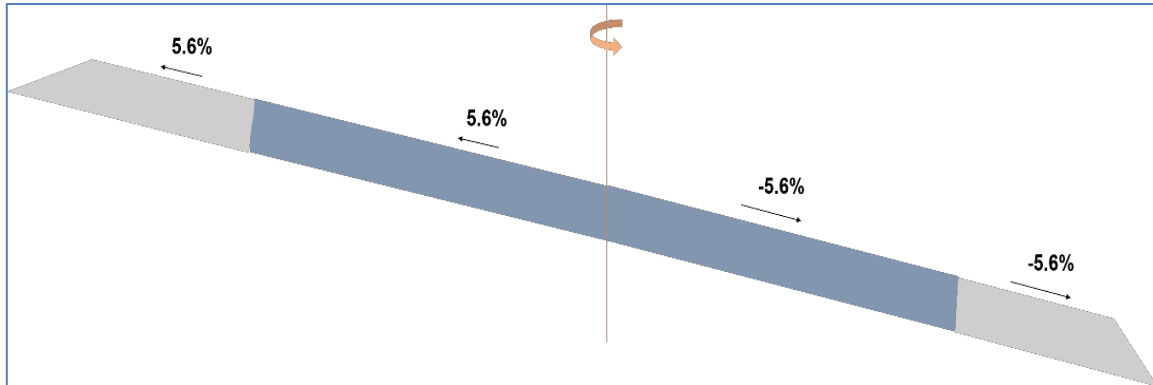


Figura 14: Inicio de Curva Circular (PC) - Fuente: Propia

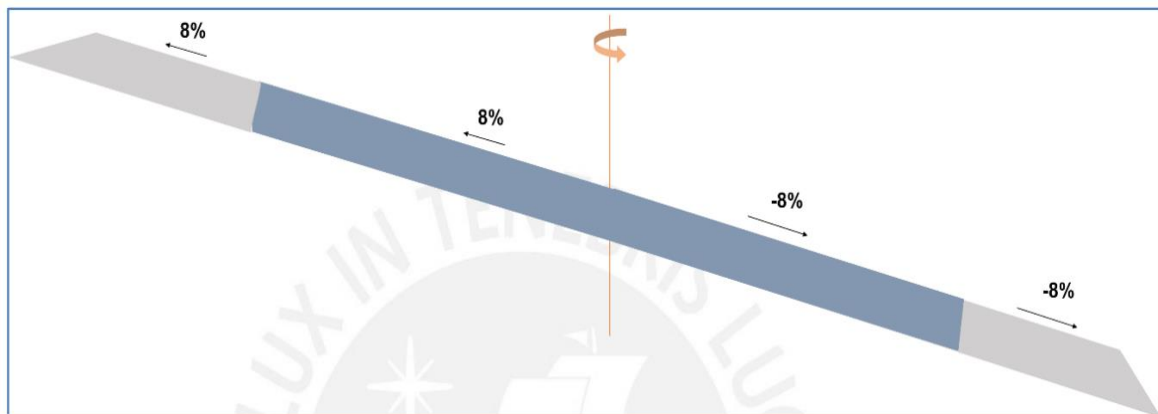


Figura 15: Inicio de Peralte Máximo - Fuente: Propia

Finalmente, se llega al punto de peralte máximo (Ver Figura 13), donde la pendiente en el carril interior será negativa, y en el exterior, positiva. A este punto se le llama Inicio de Peralte Máximo (Punto D).

Como ilustración, se muestra la Figura N°14 en la cual se aprecia la transición del peralte en cada punto notable tridimensionalmente. La Figura N°15 es una proyección de una vista de perfil, en cual se observa la variación de dos puntos a cada extremo de la calzada durante el desarrollo del peralte.

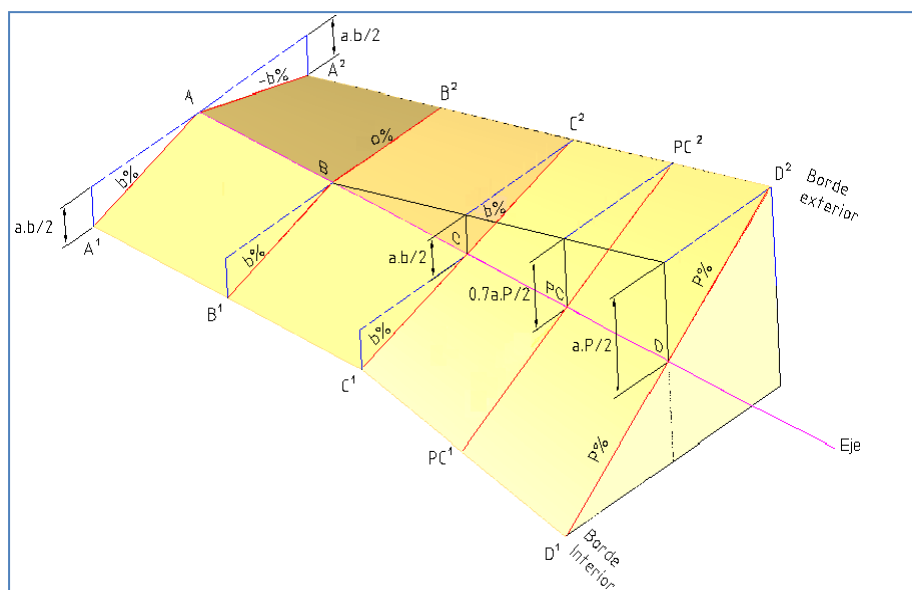


Figura 16: Vista tridimensional de la transición de peralte - Fuente: Civil Consulting & CAD Express

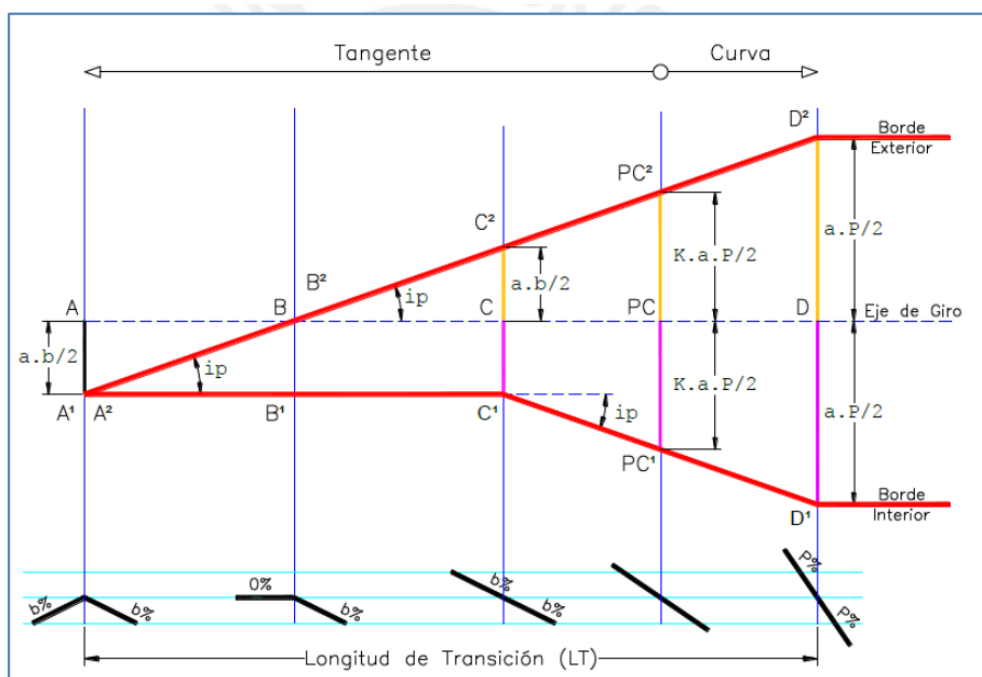


Figura 17: Proyección de perfil de la transición de peralte - Fuente: Civil Consulting & CAD Express

La Figura 14, muestra distancias y medidas que serán necesarias para el cálculo de proporción de peralte en cada punto notable.

a = Ancho de calzada

b = Bombeo (%)

P = Peralte asignado a la curva

K = Factor de proporción de peralte (Manual DG-2014)

Las distancias AB, BC, CPC, PCD, etc., se calculan por semejanza de triángulos. Todos los cálculos serán de necesidad al momento de diseñar la transición de peraltes de la carretera.

Sin bien los valores e ilustraciones corresponden a la transición de peralte en la entrada a la curva, para la transición de salida solo es necesario tomarlo de manera inversa.

No obstante, la longitud de transición de peralte no siempre se da en el mismo orden anteriormente presentado. Suele existir algunas condiciones que modifiquen el orden de los puntos notables. Las condiciones son las siguientes:

- Existe la posibilidad de que el Punto G se encuentre antes o después del inicio de la curva circular (PC), esto dependerá del factor K, presentado líneas arriba.
- Si la inclinación de la berma inicial o por diseño es mayor al peralte máximo de la curva, el Punto G no existe y no se considera en la transición.

La longitud de transición de peralte desde el punto de bombeo normal hasta el punto de inicio de peralte máximo se desarrolla de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$L_{tp} = \frac{(P_f - P_i)}{i_{p \text{ máx}}} \times B \quad (4)$$

Donde:

P_f : Peralte que requiere la curva

P_i : Peralte inicial, que generalmente corresponde al valor de bombeo

B: Distancia del borde de la calzada a la zona donde se realiza el giro

$i_{p \text{ máx}}$: Pendiente longitudinal del desarrollo del peralte, borde exterior.

$$i_{p \text{ máx}} = 1.8 - 0.01V \quad (5)$$

6. Curva de transición

En presencia de curvas de radios pequeños, resulta un peligro que los conductores se vean forzados a realizar maniobras incómodas. Esto se debe a que el vehículo no describe una trayectoria circular adecuada y resulta en que este invade el carril contrario.

Se sugiere que el paso de un tramo recto a una curva circular se haga de forma gradual, de manera que no se presenten dichos inconvenientes. Para ello, es necesario emplear curvas de transición que permitan un cambio gradual de dirección, inclinación transversal y la ampliación de la calzada (sobreanchos y anchos de visibilidad). (Cárdenas, 2015: 242)

En el ámbito local, una curva de transición por defecto corresponde a la ecuación de la Clotoide o Espiral de Euler. Dicha ecuación es sencilla e involucra tres parámetros determinantes para su diseño.

$$A^2 = RL \quad (6)$$

Donde:

A = Parámetro de la Espiral

R = Radio de curvatura de la espiral en un punto de la espiral

L = Longitud desde el origen hasta dicho punto.

Esta característica geométrica de la espiral permite una adecuada transición desde un tramo tangente ($R = \infty$) hasta el inicio de la curva circular ($R = R_c$). La siguiente imagen muestra la configuración de una curva circular con espirales de transición a la entrada y a la salida. Las líneas rojas representan tramos tangentes, las azules vienen a ser las espirales, y las curvas lilas son curvas circulares.

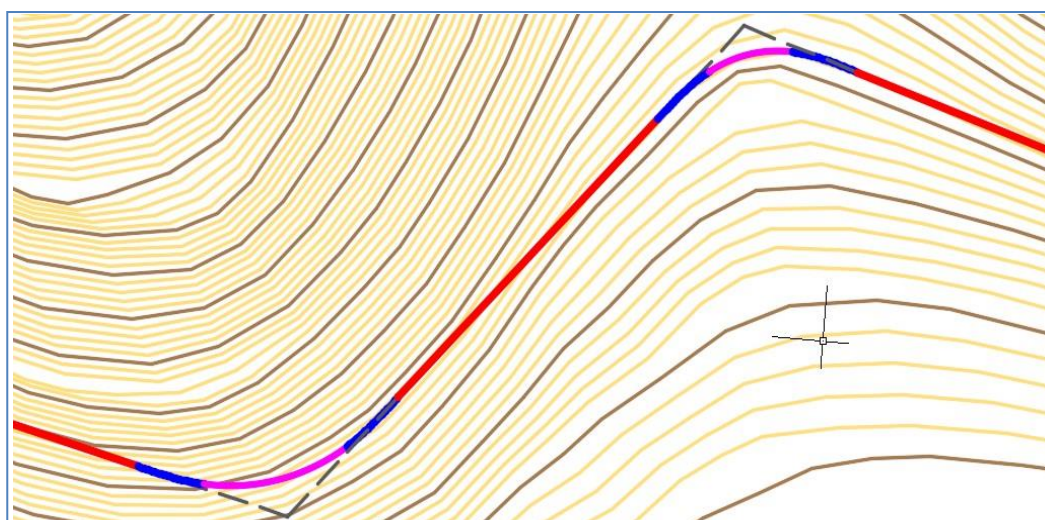


Figura 18: Configuración de curva circular con curvas de transición - (Fuente: Propia)

Si bien las curvas de transición permiten una mejor transición entre tramo recto y curvo, no es muy necesario emplearlas en curvas de radios grandes, pues al ser curvas amplias, permiten al vehículo tener una trayectoria circular y que no experimente cambios bruscos de dirección. Es así, que la Norma peruana ha establecido los radios mínimos para que una curva pueda prescindir de espirales.

Tabla 11:

Radio circular límites que permiten prescindir de la curva de transición

V(km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
R (m)	80	150	225	325	450	600	750	900	1200	1500	1800

Fuente: Manual DG-2014

Tabla 12

Radio que permiten prescindir de la curva de transición en carreteras de Tercera Clase

Velocidad de diseño Km/h	Radio M
20	24
30	55
40	95
50	150
60	210
70	290
80	380
90	480

Fuente: Manual DG-2014

A manera de ejemplo, para una carretera de tercera clase con 40Kph de velocidad de diseño, si alguna de sus curvas tiene un radio menor a 95 m, entonces es necesario e obligatorio emplear curvas de transición a la entrada y a la salida en dicha curva.

De otro lado, por parte del diseño de estas curvas de transición, el parámetro más influyente a calcular es la longitud mínima de la curva espiral ($L_{mín}$), que resulta de determinar el parámetro de la espiral mínimo ($A_{mín}$) de modo que la curva de transición distribuya la aceleración transversal no compensada, a una tasa J , compatible con la seguridad y comodidad (Manual DG-2014, 2104: 151). La ecuación es la siguiente:

$$A_{min} = \sqrt{\frac{VR}{46.656}} \left(\frac{V^2}{R} - 1.27p \right) \quad (7)$$

Donde:

V = Velocidad de diseño (Kph)

R = Radio de la curva circular asociada (m)

J = Variación uniforme de la aceleración (m/s³)

p = peralte correspondiente a V y R (%)

A partir de la ecuación de la espiral y del Amín, se puede determinar el valor de Lmín:

$$L_{min} = \frac{V}{46.656J} \left(\frac{V^2}{R} - 1.27P \right) \quad (8)$$

Se puede apreciar que mientras más pequeño sea el radio de la curva, la longitud de la espiral aumenta. El valor de J es un parámetro influenciado por la velocidad de diseño, mientras mayor velocidad haya, menor será la variación de la aceleración transversal. El Manual DG-2014 establece valores de J para rangos de velocidades de diseño.

Tabla 13

Variación de la aceleración transversal

V (km/h)	V < 80	80 < V < 100	100 < V < 120	V > 120
J (m/s ³)	0,5	0,4	0,4	0,4
Jmáx (m/s ³)	0,7	0,8	0,5	0,4

Fuente: Manual DG-2014

Los valores de Jmáx se emplean cuando el proyecto tiene la finalidad de ser principalmente económico, de tal modo que, al usar valores grandes de J, la longitud de la espiral se reduce. Como consecuencia de Lmín pequeños, los costos de construcción resultan, en parte, cómodos.

Una vez calculada la longitud mínima de la espiral, es necesario verificar que cumpla ciertos criterios de diseño según el Manual DG-2014. Los criterios son los siguientes:

1. En ningún caso, la longitud de la espiral debe ser menor a 30 m.
2. La longitud de la espiral mínima debe ser la calculada con la ecuación de $A_{mín}$.
3. Para que la presencia de la espiral sea fácilmente perceptible por el conductor, se debe cumplir:

$$R \leq A_{mín} \leq R/3 \quad (9)$$

En caso no se cumpliera dicha condición, el valor de $A_{mín}$ debe ser $R/3$, por lo que el valor de $L_{mín}$ debe ser igual a $R/9$.

4. Por la condición del desarrollo de peralte, $L_{mín}$ se calcula de la siguiente manera:

$$L_{min} = \frac{\frac{a}{2}p}{i_{pmax}} \quad (10)$$

Donde:

a = Ancho de la calzada (m)

p = Peralte de la curva (%)

5. En el caso de que se trate de una carretera de tercera clase:

$$L_{min} = 0.0178 \frac{V^3}{R} \quad (11)$$

$$L_{máx} = \sqrt{(24R)} \quad (12)$$

6. Una vez que la longitud mínima escogida cumpla con los criterios anteriores, se calcula la longitud máxima:

$$L_{máx} = 1.5 L_{mín} \quad (13)$$

A partir del $L_{mín}$ y $L_{máx}$, ya se tiene un rango de valores de longitudes de espiral que se pueden asignar en el diseño.

Por otro lado, así como se da el desarrollo del peralte en una curva sin espirales, también es necesario analizar lo que ocurre en una que contenga curvas de transición. El valor de L asignada a la espiral viene a ser la composición de una longitud L_2 y otra L_3 . Es decir, $L =$

$L_2 + L_3$, mientras que L_1 es el complemento para que la suma de estas tres longitudes resulte ser la longitud de transición de peralte (**Ltp**).

$$Ltp = L_1 + L_2 + L_3 \quad (14)$$

Donde:

L_1 = longitud del desarrollo de una proporción del peralte en el tramo tangente (m)

L_2 = longitud del desarrollo de otra proporción del peralte en la curva de transición (m)

L_3 = longitud del desarrollo de la última proporción del peralte en la curva de transición (m)

Al igual que en curvas sin espirales, los puntos notables en la transición del peralte son los mismos, con la diferencia de que, en este caso, el Punto D y el de inicio de la curva circular (PC) coinciden. La siguiente imagen ilustra mejor la transición de peralte en una curva con espirales

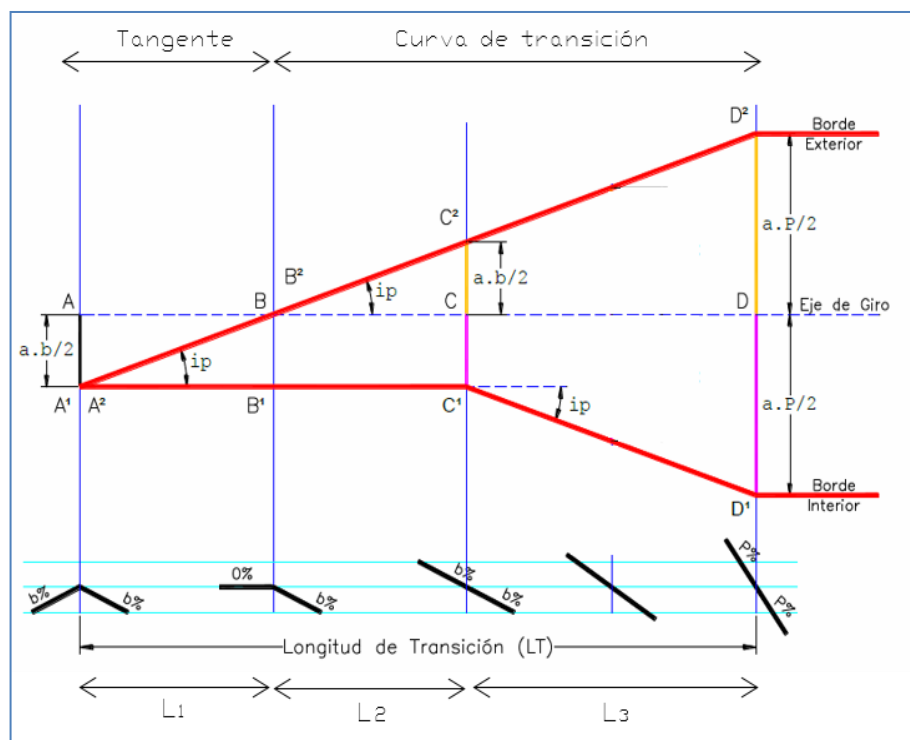


Figura 19: Proyección de perfil de la transición de peralte en curva con espirales - Fuente: Civil Consulting & CAD Express.

De la imagen anterior, se puede apreciar que $L_1 = L_2$, por lo que, si se define una longitud de la curva de transición, es posible, mediante propiedades geométricas, determinar los valores de L_1 , L_2 y L_3 .

7. Sobreanchos

Cuando un vehículo circula por una curva horizontal, ocupa un ancho de calzada mayor que en recta. Debido a la rigidez y dimensiones del vehículo, sus ruedas traseras siguen una trayectoria distinta a la de las ruedas delanteras, ocasionando dificultad a los conductores para mantener su vehículo en el eje del carril de circulación que sigue. Es por ello que la calzada en las curvas debe ensancharse para compensar el mayor espacio que ocupa el vehículo al girar por ella.

El cálculo del sobreancho se realiza mediante la siguiente fórmula:

$$Sa = n(R - \sqrt{R^2 - L^2}) + \frac{V}{10\sqrt{R}} \quad (15)$$

Donde:

Sa = Sobreancho (m)

n = Número de carriles

R = Radio de la curva (m)

L = Longitud del vehículo de diseño medido entre el último eje y la parte frontal del vehículo (m)

V = Velocidad de diseño (Kph)

Es recomendable redondear los resultados a múltiplos de 10 cm.

El sobreancho se ubica en el borde interior de la curva circular o espiralada, aumentando el ancho de la calzada progresivamente a lo largo de la longitud de transición de peralte, mediante una variación lineal.

La variación lineal del sobreancho se da de dos maneras diferentes. Si la curva no presenta curvas de transición, el desarrollo del ensanchamiento se da en la longitud de transición de peralte. Si la curva tiene espirales, el desarrollo del sobreancho se da en la longitud de la espiral.

La variación lineal del sobreancho se expresa con la siguiente fórmula:

$$Sa_n = \frac{Sa}{L} Ln \quad (16)$$

Donde:

Sa_n = Sobreancho a calcular en un punto determinado (m)

Sa = Sobreancho calculado para una curva (m)

L_n = Longitud en un punto en el cual se requiere calcular el sobreancho (m)

L = Longitud total del desarrollo del sobreancho (m)

Por ejemplo, si la longitud de transición de peralte de una curva es de 20 metros y el sobreancho calculado es de 80 cm, y tratándose de una curva circular sin espirales, entonces se toma la longitud del desarrollo la misma longitud de la transición de peralte.

Entonces:

$$Sa_n = \frac{0.8}{20} L = 0.04 L_n \quad (17)$$

Tabla 14:

Variación lineal del sobreancho de 80 cm, en 20 m de desarrollo.

L_n (m)	Sa_n (m)
0	0.0
5	0.2
10	0.4
15	0.6
20	0.8

Fuente: Propia

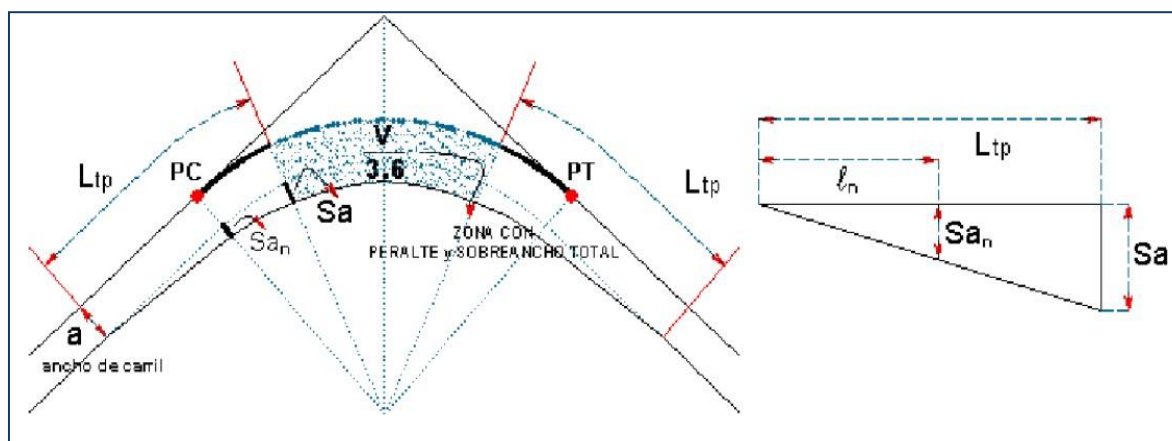


Figura 20: Desarrollo del sobreancho para una curva sin espirales-Fuente (Civil Consulting & CAD Express SAC)

1.11.2.8 Diseño Geométrico en Perfil – Alineamiento Vertical

Para el diseño del alineamiento vertical se toma en cuenta la velocidad de diseño, la topografía de la zona, condiciones de seguridad, condiciones de drenaje, costos de construcción y valores estéticos.

El principal criterio que se utiliza para definir la rasante es la orografía de la zona y garantizar el correcto drenaje longitudinal y transversal. En tramos llanos u ondulados la rasante se proyecta sobre las inflexiones del terreno, teniendo en cuenta consideraciones de estética, visibilidad y seguridad. En tramos de cruce urbano, se uniformiza la rasante existente tratando de conservar los niveles existentes. (Manual DG, 2014: 189)

El alineamiento vertical deberá permitir la operación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad de diseño en la mayor longitud de carretera que sea posible. En general, el relieve del terreno es el elemento de control del radio de las curvas verticales que pueden ser cóncavas o convexas, y el de la velocidad de diseño y a su vez, controla la distancia de visibilidad. (Manual DG, 2014: 189)

1. Pendiente mínima

Como menciona la norma DG-2014, para un adecuado drenaje superficial del agua de las lluvias, se debe procurar proveer una pendiente mínima de aproximadamente 0.5%. Sin embargo, se pueden presentar los siguientes casos:

- a. Si la calzada posee un bombeo de 2% y no existen bermas y/o cunetas, se puede adoptar sectores con hasta 0.2% de pendiente.
- b. Si el bombeo es de 2.5%, se puede adoptar pendientes igual a cero (0).
- c. Si existen bermas, la pendiente mínima deseada es de 0.5% y la mínima es de 0.35%.
- d. En zonas de transición de peralte, la pendiente mínima debe ser 0.5%

2. Pendiente máxima

Es conveniente considerar las pendientes máximas que están indicadas en la Tabla 15.

Tabla 15**Pendientes máximas**

Demanda	Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera			
Vehículos/día	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Características	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera clase			
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30 km/h																			10,00	10,0
40 km/h																9,00	8,00	9,00	10,00	
50 km/h											7,00	7,00			8,00	9,00	8,00	8,00	8,00	
60 km/h					6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	7,00	8,00	9,00	8,00	8,00		
70 km/h			5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	7,00	6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	6,00	7,00		7,00	7,00		
80 km/h	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00		6,00	6,00			7,00	7,00		
90km/h	4,50	4,50	5,00		5,00	5,00	6,00		5,00	5,00			6,00				6,00	6,00		
100km/h	4,50	4,50	4,50		5,00	5,00	6,00		5,00				6,00							
110 km/h	4,00	4,00			4,00															
120 km/h	4,00	4,00			4,00															
130 km/h	3,50																			

Fuente: Manual DG-2014

3. Curvas verticales

En el diseño vertical, las curvas son parábolas definidas por el parámetro de curvatura K , el cual viene a ser la relación entre la longitud de la curva vertical y el valor absoluto de la diferencia algebraica de pendientes de entrada y salida. Las curvas pueden ser de forma cóncava o convexa.

En el caso de la norma peruana, el diseño de las curvas verticales convexas se basa en calcular la longitud de la curva de modo que cuente con una adecuada visibilidad de parada o de adelantamiento. Mientras que para las curvas cóncavas, es necesario que cuente con la distancia de visibilidad de parada.

3.1 Elementos de la curva vertical simétrica

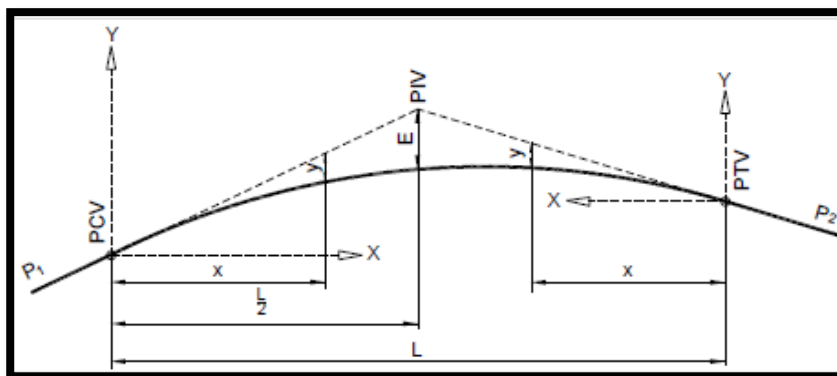


Figura 21: Elementos de la curva vertical simétrica- Fuente: Manual DG-2014

Dónde:

PCV : Principio de la curva vertical

PIV : Punto de intersección de las tangentes verticales

PTV : Término de la curva vertical

L : Longitud de la curva vertical, medida por su proyección horizontal, en metros (m).

S1 : Pendiente de la tangente de entrada, en porcentaje (%)

S2 : Pendiente de la tangente de salida, en porcentaje (%)

A : Diferencia algebraica de pendientes, en porcentaje (%)

$$A = |S1 - S2| \quad (18)$$

E : Externa. Ordenada vertical desde el PIV a la curva, en metros (m), se determina con la siguiente fórmula:

$$E = \frac{AL}{800} \quad (19)$$

X : Distancia horizontal a cualquier punto de la curva desde el PCV o desde el PTV.

Y : Ordenada vertical en cualquier punto, también llamada corrección de la curva vertical, se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Y = X^2 \left(\frac{A}{200L} \right) \quad (20)$$

3.2 Longitud de las curvas convexas

a) Para contar con la visibilidad de parada (Dp).

Cuando $D_p < L$;

$$L = \frac{AD_p^2}{100(\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2} \quad (21)$$

Cuando $D_p > L$;

$$L = 2D_p - \frac{200(\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2}{A} \quad (22)$$

Dónde, para todos los casos:

L : Longitud de la curva vertical (m)

Dp : Distancia de visibilidad de parada (m)

A : Diferencia algebraica de pendientes (%)

h1 : Altura del ojo sobre la rasante (m)

h2 : Altura del objeto sobre la rasante (m)

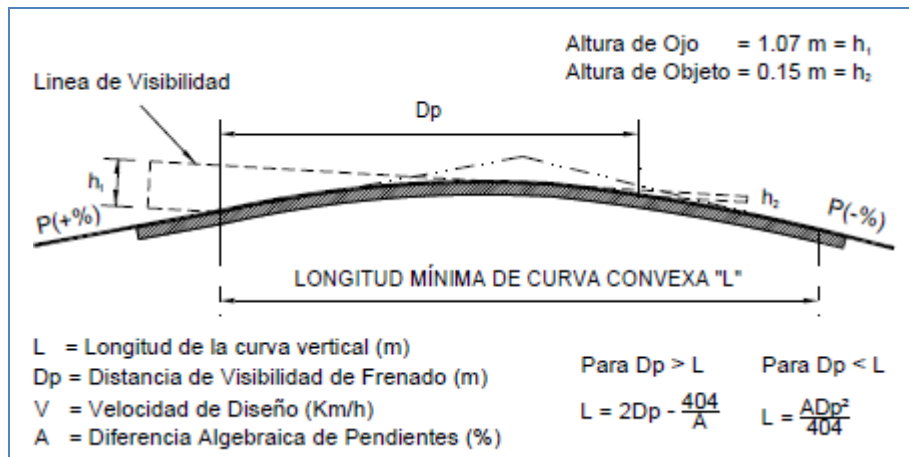


Figura 22: Longitud mínima de curva vertical convexa con distancias de visibilidad de parada-Fuente: Manual DG-2014

b) Para contar con la visibilidad de adelantamiento o paso (D_a).

Cuando: $D_a < L$

$$L = \frac{AD_a^2}{946} \quad (23)$$

Cuando: $D_a > L$

$$L = 2D_a - \frac{946}{A} \quad (24)$$

Dónde:

D_a : Distancia de visibilidad de adelantamiento o Paso (m)

L y A : Idem (a)

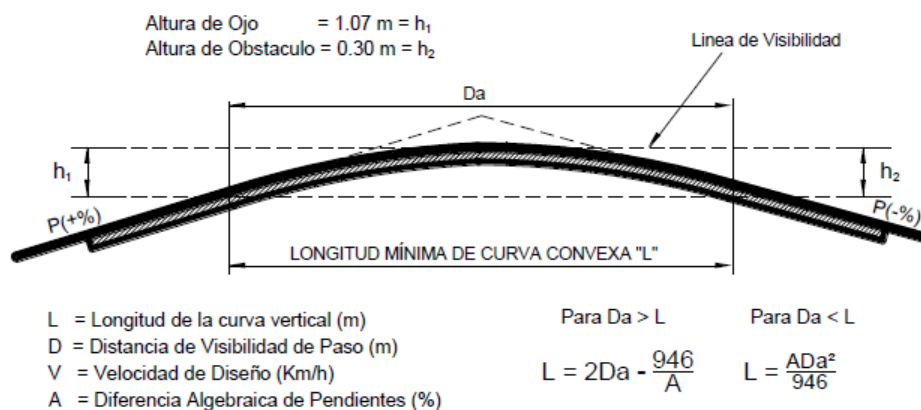


Figura 23: Longitud mínima de curvas verticales convexas con distancias de visibilidad de paso-Fuente: Manual DG-2014.

3.3 Longitud de las curvas cóncavas

Cuando: $D < L$

$$L = \frac{AD^2}{120+3.5D} \quad (25)$$

Cuando: $D > L$

$$L = 2D - \frac{120+3.5D}{A} \quad (26)$$

Dónde:

D: Distancia entre el vehículo y el punto dónde con un ángulo de 1° , los rayos de luz de los faros, interseca a la rasante.

Del lado de la seguridad se toma $D = D_p$, cuyos resultados se aprecian en la Figura 21.

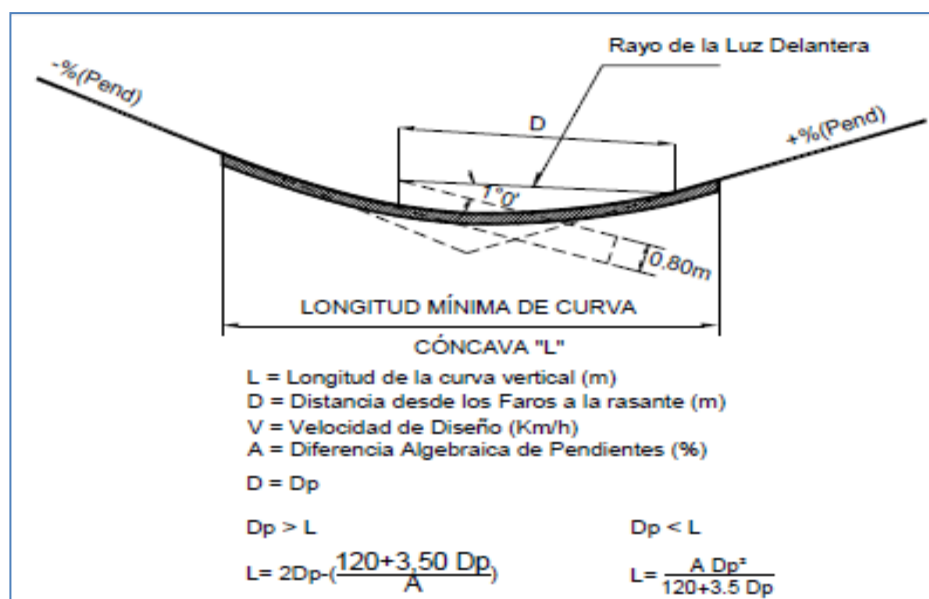


Figura 24: Longitud mínima de curva vertical cóncava-Fuente: Manual DG-2014

1.11.2.9 Diseño Geométrico de la Sección Transversal

Consiste en la descripción de los elementos de la carretera en un plano de corte vertical normal al alineamiento horizontal, el cual permite definir la disposición y dimensiones de dichos elementos, en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural.

La sección transversal varía de un punto a otro de la vía, ya que resulta de la combinación de los distintos elementos que la constituyen, cuyos tamaños, formas e interrelaciones dependen de las funciones que cumplan y de las características del trazado y del terreno.

1.11.2.9.1 Elementos de la Sección Transversal

Los elementos que conforman la sección transversal de la carretera son: carriles, calzada o superficie de rodadura, bermas, cunetas, taludes y elementos complementarios (barreras de seguridad, ductos y cámaras para fibra óptica, guardavías y otros), que se encuentran dentro del Derecho de Vía del proyecto. En la Figura 22, se muestra una sección tipo a media ladera para una autopista en tangente y una carretera de una calzada de dos carriles en curva.

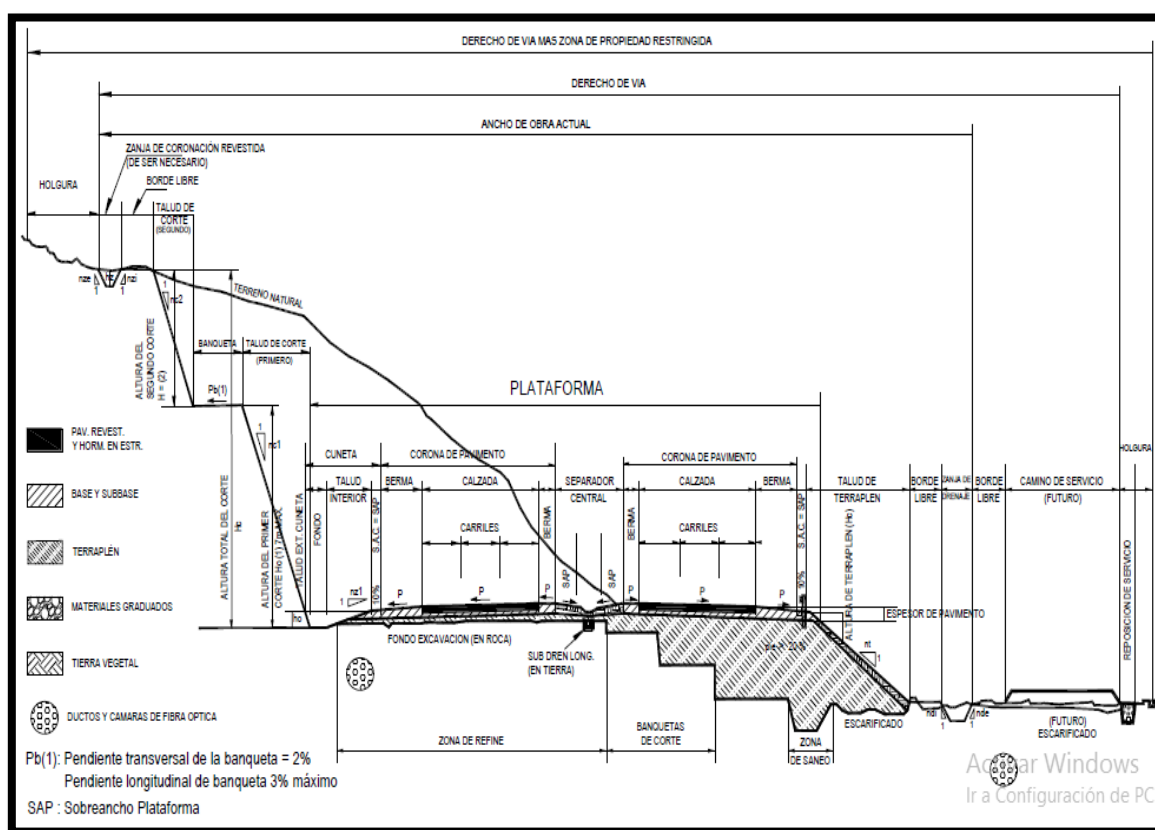


Figura 25: Sección transversal típica a media ladera vía de dos carriles en tangente-Fuente: Manual DG-2014

1.11.2.9.2 Ancho de la Calzada en Tangente

Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos compuesta por uno o más carriles, no incluye la berma. La calzada se divide en carriles, los que están destinados a la circulación de una fila de vehículos en un mismo sentido de tránsito.

En la Tabla 16, se indican los valores del ancho de calzada para diferentes velocidades de diseño con relación a la clasificación de la carretera.

Tabla 16*Anchos mínimos de calzada en tangente*

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera			
Tráfico vehículos/día	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Tipo	Primera Clase				Segunda Clase				Primera Clase				Segunda Clase				Tercera Clase			
Orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30 km/h																			6,00	6,00
40 km/h																6,60	6,60	6,60	6,00	
50 km/h												7,20	7,20			6,60	6,60	6,60	6,00	
60 km/h					7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	6,60	6,60	6,60	6,60		
70 km/h			7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	6,60		6,60	6,60		
80 km/h	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20		7,20	7,20			6,60	6,60		
90 km/h	7,20	7,20	7,20		7,20	7,20	7,20		7,20	7,20			7,20				6,60	6,60		
100 km/h	7,20	7,20	7,20		7,20	7,20	7,20		7,20				7,20							
110 km/h	7,20	7,20			7,20															
120 km/h	7,20	7,20			7,20															
130 km/h	7,20																			

Fuente: Manual DG-2014

1.11.2.9.3 Bermas

Franja longitudinal, paralela y adyacente a la calzada o superficie de rodadura de la carretera, que sirve de confinamiento de la capa de rodadura y se utiliza como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en caso de emergencias.

1.11.2.9.3.1 Ancho de las Bermas**Tabla 17***Ancho de bermas en función a la clasificación de la vía, velocidad de diseño y orografía.*

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera			
Tráfico vehículos/día	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Características	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera Clase			
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30 km/h																			0,50	0,50
40 km/h																1,20	1,20	0,90	0,50	
50 km/h												2,60	2,60		1,20	1,20	1,20	0,90	0,90	
60 km/h					3,00	3,00	2,60	2,60	3,00	3,00	2,60	2,60	2,00	2,00	1,20	1,20	1,20	1,20		
70 km/h			3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00	1,20		1,20	1,20		
80 km/h	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00		2,00	2,00			1,20	1,20		
90 km/h	3,00	3,00	3,00		3,00	3,00	3,00		3,00	3,00			2,00				1,20	1,20		
100 km/h	3,00	3,00	3,00		3,00	3,00	3,00		3,00				2,00							
110 km/h	3,00	3,00			3,00															
120 km/h	3,00	3,00			3,00															
130 km/h	3,00																			

Fuente: Manual DG-2014

1.11.2.9.4 Ancho y Aprobación del Derecho de Vía

La Tabla 18, indica los anchos mínimos que debe tener el Derecho de Vía, en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.

Tabla 18

Anchos mínimos de Derecho de Vía

Clasificación	Anchos mínimos (m)
Autopistas Primera Clase	40
Autopistas Segunda Clase	30
Carretera Primera Clase	25
Carretera Segunda Clase	20
Carretera Tercera Clase	16

Fuente: Manual DG-2014

1.11.2.9.5 Señalización y Seguridad Vial

Bertotti indica que la seguridad vial se define como “la disciplina que estudia y aplica las acciones y mecanismos tendientes a garantizar el buen funcionamiento de la circulación en la vía pública, previniendo los accidentes de tránsito” (Bertotti, 2008:6). Se espera que una vía sea segura desde el diseño horizontal, vertical y transversal, para luego regular el comportamiento de los usuarios (conductores y pasajeros) en la vía.

Dentro del criterio de seguridad de una carretera, se encuentran diversos elementos y dispositivos de señalización y seguridad vial que hacen de esta, una vía segura en todo su recorrido. Estos se rigen a las exigencias del Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras (MDCTACC) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

a. Señales de Tránsito Verticales

Las señales existentes en todo el recorrido de una carretera tienen tres principales propósitos:

- Regular
- Prevenir
- Informar.

1. Señales reglamentarias:

Tienen por objeto notificar a los usuarios, las limitaciones, restricciones, prohibiciones y/o autorizaciones existentes que gobiernan el uso de la vía y cuyo incumplimiento constituye una violación a las disposiciones contenidas en el reglamento vigente. (MDCTACC, 2016: 25)

2. Señales preventivas:

Su propósito es advertir a los usuarios sobre la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones imprevistas presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal. Estas señales ayudan a los conductores a tomar las precauciones del caso, por ejemplo, reduciendo la velocidad o realizando maniobras necesarias para su propia seguridad, la de otros vehículos y de los peatones. (MDCTACC, 2016: 32)

3. Señales informativas:

Tiene la función de informar a los usuarios, sobre los principales puntos notables, lugares de interés turístico, arqueológicos e históricos existentes en la vía y su área de influencia y orientarlos y/o guiarlos para llegar a sus destinos y a los principales servicios generales, en la forma más directa posible. De ser necesario las indicadas señales se complementarán con señales preventivas y/o reguladoras. (MDCTACC, 2016: 41)

b. Señales de Tránsito Horizontales

De acuerdo al MDCTACC 2016, los dispositivos que se emplean como señalización horizontal se clasifican en 3 grupos. El primer grupo corresponde a las marcas en el pavimento. El segundo corresponde a los dispositivos o marcas elevadas en el pavimento, que son señales complementarias al primer grupo. Y el tercero, correspondiente a las barreras de seguridad, cuyo uso se basa en la Directiva N° 007-2008-MTC/02 – Sistema de Contención de Vehículos tipo Barreras de Seguridad.

CAPÍTULO II

MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Materiales

Para el presente trabajo se ha hecho uso de lo siguiente:

2.1.1 Recursos Humanos

Tesistas

Asesor

Digitador

Ayudantes

2.1.2 Recursos Materiales y servicios

Ensayos de Laboratorio

Material bibliográfico

Material de escritorio

Movilidad y viáticos

2.1.3 Recursos de Equipos

01 Computadora.

01 Estación Total, marca TOPCON, modelo GPT-3005 LW, completos.

01 Nivel Topográfico, marca TOPCON, modelo AT-G7, Completos.

02 GPS GARMIN.

01 computador portátil.

01 Plotter.

2.2 Metodología de la Investigación

2.2.1 Universo y/o Muestra

Universo: Carreteras y Caminos de la Región San Martín

Población: Carreteras y Caminos de la provincia de Rioja

Muestra: Camino Vecinal Yuracyacu–El Valle de la Conquista, Km 0+000 – Km 7+280.

2.2.2 Sistema de Variables

Para probar la Hipótesis planteada, será necesario obtener los siguientes datos:

2.2.2.1 Variable Independiente:

Estudio Topográfico.

Estudio de Mecánica de Suelos.

Estudio de Tráfico.

2.2.2.2 Variables Dependientes:

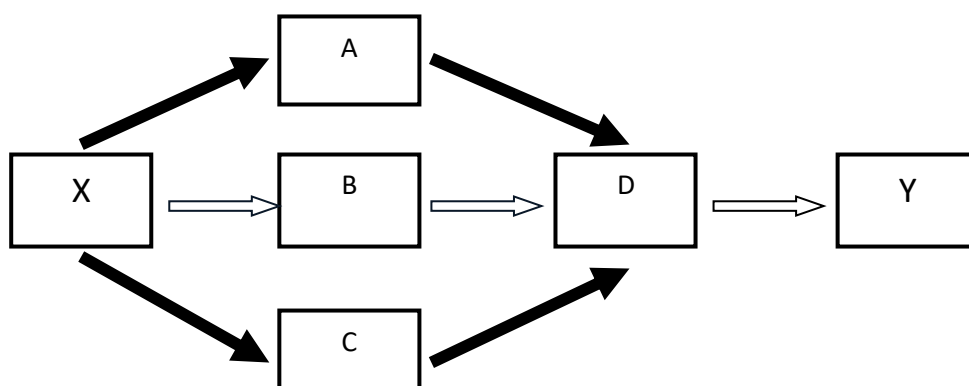
Camino Vecinal Yuracyacu – El Valle de la Conquista, Km 0+000 – Km 7+280.

2.2.3 Tipos y Nivel de la Investigación

Tipo: Investigación aplicada

Nivel: Básico

2.2.4 Diseño del Método de la Investigación



X: Situación inicial problematizada que requiere la intervención de estudio.

A: Estudio Topográfico.

B: Estudio de Mecánica de Suelos.

C: Estudio de Tráfico.

D: Estudios de compatibilidad de procesos y alternativas que respaldan la toma de decisión para definir la alternativa de solución.

Y: Resultado de la intervención que presenta la alternativa de solución del diseño del pavimento a nivel de afirmado.

2.2.5 Fuentes Técnicas e Instrumentos de Selección de Datos

Se utilizará Bibliografía Variada y adecuada para la Investigación, las cuáles se detallan en el marco teórico y en las referencias bibliográficas.

2.2.6 Procesamiento de la Información

Los Procesamientos y presentación de Datos se realizará de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas de Diseño de Carreteras (Manual DG-2014), y utilizando cálculos estadísticos adecuados con la finalidad de obtener resultados satisfactorios.

La señalización proyectada se basará en los criterios del Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras 2016 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Climatología e Hidrología

Es imprescindible referirse a la influencia que ejercen los factores climáticos sobre las formas topográficas; tratándose de un área de estudio ubicada en una región tipo Selva Alta, con un relieve suave, en donde se encuentran los distritos de Yuracyacu y EL Valle de la Conquista.

La mayor cantidad de datos que respecto a este punto se tiene, derivan de información recogida en las estaciones hidrometeorológicas del SENAMHI: Naranjillo, Rioja, Soritor y Moyobamba.

3.1.1 Clima

El clima es uno de los principales factores que condicionan las costumbres de las poblaciones, por sus características de precipitaciones, temperaturas, humedad, vientos, entre otros factores.

En el presente año estos parámetros fueron superados debido al cambio climatológico que se da a nivel nacional.

Le corresponde a la ciudad de Yuracyacu un Clima Cálido, moderadamente húmedo y semiseco.

3.1.2 Precipitación

Las precipitaciones pluviales se presentan distribuidas en dos épocas bien marcadas durante el año; la primera durante los meses de enero, febrero, marzo y abril; y la segunda en octubre y noviembre, periodos en los cuales presentan registros que van desde 1200 mm a los 1400 mm de intensidad, indicando que precediendo a los aguaceros se dan vientos ocasionales. Asimismo, la ciudad se halla recorrido en su margen izquierda por el río Yuracyacu que tiene su origen en los cerros. Este río así como el río mayo son procedentes de la sierra del Amazonas y son ricos en peces, que satisfacen la demanda alimenticia de los pobladores

Temperatura

La temperatura promedio anual es de 22°C variando entre los 15°C y 28°C.

Humedad Relativa

La humedad relativa varía de 77% al 87%.

3.2 Ecología

En la región se han identificado seis zonas de vida natural y cinco zonas transicionales, de acuerdo a los estudios realizados por ONERN, entre 1982 y 1984. En base a las condiciones ambientales de cada zona se han identificado diferentes unidades ecológicas de segundo orden, muchas de las cuales presentan menor o mayor alteración en sus características ambientales naturales, a consecuencia de la presencia de asentamientos humanos, el constante crecimiento de los mismos, la ejecución de infraestructura vial, el uso intenso de la tierra y la tala de bosques para la ampliación de la frontera agrícola.

3.3 Aspectos de Mecánica de Suelos

Para la realización del estudio de Mecánica de Suelos de la zona, se efectuó el sondeo respectivo con la finalidad de determinar el tipo del subsuelo y sus características físico - mecánicas.

Para el presente proyecto se ha practicado la excavación de calicatas a una profundidad mínima de 1.5 m. por debajo de la superficie del terreno, permitiendo examinar en su estado natural las características físicas y mecánicas del suelo.

La reparación de fallas o defectos en la cimentación por lo general son costosas. Muchas veces se descubren después que la estructura ha estado en uso durante años. Generalmente el problema se debe al análisis inadecuado de la ingeniería y por no tomar en cuenta ciertas condiciones predecibles.

El suelo de acuerdo a sus características, ejerce un control directo sobre la gravedad del daño, frente a la ocurrencia de un fenómeno natural, por lo cual podrá presentarse las fallas del suelo, que pueden ser por deslizamientos, licuación, expansión y hundimientos, los suelos que presentan estos problemas causan considerables daños a las estructuras construidas sobre ellos.

3.4 Condición Económica

El material con el cual están construidas las viviendas de la población perteneciente a la zona de influencia del proyecto, se conforma en su mayoría por viviendas de madera, quincha y caña en un 70%, viviendas de adobe con techo de calamina en un 20% y un 10% con viviendas de material noble.

En cuanto a los servicios básicos de agua, desagüe, electricidad y telefonía con que cuentan estos caseríos se detalla en el siguiente cuadro:

Tabla 19

Tipos de servicios

Centro Pobl./Caseríos	Tipo de Servicio			
	Agua	Desagüe/ Letrinas	Electric.	Telefonía
Sector Limones	NO	NO	NO	NO
Domingo Puesto	SI	SI	SI	SI
Pueblo Libre	SI	SI	SI	SI
Yuracyacu	SI	SI	SI	SI
% de caseríos que sí cuentan con el servicio	50.00%	40.00%	70.00%	40.00%

Fuente: Encuestas del equipo formulador / Elaboración Propia

En lo que respecta a salud, Yuracyacu cuenta con un centro de salud MINSA, los cuales brindan atención diaria y donde la población tiene que recurrir para ser atendidos, y en casos de emergencia son atendidos en el distrito de Moyobamba y/o Rioja, para luego ser trasladados a establecimientos de salud de mayor rango.

La principal actividad económica de las localidades beneficiarias es la producción agrícola cuya producción está destinada a la comercialización y al autoconsumo. La producción agropecuaria actual está orientada a la explotación de grandes extensiones de cultivos transitorios y permanentes, teniendo como recurso fundamental para su producción al recurso suelo. Dentro de los principales cultivos que tiene la zona podemos destacar al arroz, al café y el plátano, y en menores cantidades maíz, yuca, cacao, papaya, piña, menestras,

camote, zanahoria, verduras, papa, tomates, bitucas, maní y otros; También podemos mencionar que el cultivo con gran demanda es el de pastos, el cual es estacionario y utilizado sólo para ganado vacuno. Otra actividad de importancia es la ganadería, realizada en casi todos los caseríos del área de influencia del proyecto.

3.5 Actividades Principales y Niveles de Vida

La actividad preponderante es sin duda la actividad agropecuaria y también la actividad ganadera.

Los cultivos que producen principalmente son el arroz, café y en la parte baja el cacao y como forma complementaria plátano, frijol, maíz entre otros, los cuales no les remunera mucho, por el mal estado de la vía. Y la ganadería en poca proporción.

Los productos agropecuarios que se comercializan en el mercado regional son de un número reducido de personas que poseen mayor cantidad de tierras y ganados y que el volumen de producción les permite cubrir los costos altos de transporte que implica evacuar sus productos hacia el mercado local; sin embargo la mayoría produce sólo para el autoconsumo; el intercambio de sus productos mediante el trueque y un mínimo volumen de comercialización debido a la carencia de una carretera transitable que les facilite evacuar a bajo costo su producción hacia los mercados de consumo, situación que será superada al ejecutarse el presente proyecto.

3.6 Estudio de Tráfico

Del tráfico de vehículos, de acuerdo al Inventario Vial Geo referenciado el tráfico del camino es de 32 vehículos por día, conformado por 27 vehículos ligeros y 05 vehículos pesados. La población que se verá beneficiada directamente con la ejecución de las obras de infraestructura de transporte es de 6,809 habitantes de acuerdo al Perfil de Proyecto de Inversión Pública y al Inventario Vial Geo referenciado.

El principal sistema de transporte empleado para la movilización de pasajeros y carga es el camino vecinal, esta vía adquiere gran importancia económica, debido a que constituye el único medio en el área del proyecto que hace posible el transporte directo entre esta región con las demás regiones del país, con las cuales mantiene estrechas relaciones comerciales,

principalmente con los demás mercados costeros. Asimismo, permite el acceso de la población a los servicios públicos y privados.

Tabla 20:

Estado Situacional del Camino Vecinal en Estudio

Distrito	Camino Vecinal		Longitud	Vía	Tráfico		Población Total Servida
	Desde	Hasta			Ligero	Pesado	
Moyobamba	Yuracyacu	El Valle de la Conquista	7.280	Malo	27	05	6,809

Fuente: PVPP Moyobamba – Estudio de Trafico – Elaboración Equipo Técnico

3.6.1 Demanda actual

La demanda actual del proyecto está representado en primer lugar por la cantidad de vehículos motorizados que transitan por el tramo de la carretera y está dada por el Índice Medio Diario (IMD) y además los productos agrícolas que se necesita extraer de las chacras que actualmente se están perdiendo porque muchas veces se deterioran.

También la demanda actual está dada por todos los beneficiarios como usuarios de la carretera que actualmente utilizan, se considera como demanda al transporte de carga y pasajeros desde la Localidad de Yuracyacu, Sector Limones y los Caseríos Domingo Puesto y Pueblo libre, pertenecientes a la Provincia de Moyobamba, que es el receptor de la producción local y sus alrededores, siendo esta la Capital de la Provincia y del Departamento de San Martín, considerado como un foco de desarrollo.

3.6.2 Conteo de tráfico:

De la tabla se concluye que para el tramo Yuracyacu – El Valle de la Conquista, el IMDA es de 32 vehículos/día.

Tabla 21: Tráfico Actual

Tipo de Vehículo	IMD	DISTRIBUCIÓN
		%
Automóvil	15	46.88
Camioneta	9	28.13
C.R.	3	9.38
Micro	0	0.00
Bus Grande	0	0.00
Camión 2E	5	15.63
Camión 3E	0	0.00
IMD	32	100.00

Fuente: elaboración propia

3.6.3 Estudio de la Vía.

Este tema tiene como objetivo determinar los volúmenes de tránsito en esta carretera vecinal; en tal sentido es importante conocer los principales parámetros que determinen los índices del tráfico real, para poder tomar criterios técnicos en la jurisdicción del proyecto.

3.6.4 Análisis de Tráfico.

Para diseñar una carretera es necesario predecir el número de vehículos para un periodo de diseño; la información sobre el tráfico actual es dados de medidas directas en alguna carretera con características de tránsito actual.

Los cálculos para pronosticar el tránsito futuro, dan la pauta sobre la cual se pueden elaborar proyectos económicamente seguros, así como proporcionar la base para proyectos que satisfagan las demandas del tránsito.

3.6.5 Tráfico Proyectado

La proyección del tránsito de los vehículos del área de influencia de la carretera vecinal en estudio corresponde para un horizonte de planeamiento de 10 años, establecido para este tipo de proyectos y expresado en términos de Índice Medio Diario (IMD).

Desde el punto de vista del diseño de la capa de rodadura sólo tienen interés los vehículos pesados (buses y camiones), considerando como tales aquellos cuyo peso bruto excede de 2.5 Ton. El resto de los vehículos que puedan circular con un peso inferior (motocicletas, automóviles y camionetas) provocan un efecto mínimo sobre la capa de rodadura, por lo que no se tienen en cuenta en su cálculo.

El tráfico proyectado al año horizonte, se clasificará según lo siguiente:

Tabla 22

Características básicas para la superficie de rodadura de las Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito

Carretera de BVT	IMD Proyectado	Ancho de Calzada (M)	Estructuras y Superficie de Rodadura Alternativas (**)
T3	101 – 200	2 carriles 5.50 – 6.00	Afirmado (material granular, grava de tamaño máximo 5 cm homogenizado por zarandeado o por chancado) con superficie de rodadura adicional (min. 15 cm), estabilizada con finos ligantes u otros; perfilado y compactado.
T2	51 – 100	2 carriles 5.50 – 6.00	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o por chancado (tamaño máximo 5 cm); perfilado y compactado, min. 15 cm.
T1	16 – 50	1 carril(*) o 2 carriles 3.50 – 6.00	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o por chancado (tamaño máximo 5 cm); perfilado y compactado, min. 15 cm.
T0	< 15	1 carril(*) 3.50 – 4.50	Afirmado (tierra) En lo posible mejorada con grava seleccionada por zarandeo, perfilado y compactado, min. 15 cm
Trocha carrozable	IMD Indefinido	1 sendero(*)	Suelo natural (tierra) en lo posible mejorado con grava natural seleccionada; perfilado y compactado.

(*) Con plazoletas de cruce, adelantamiento o volteo cada 500 – 1000 m; mediante regulación de horas o días, por sentido de uso.

(**) En caso de no disponer gravas en distancia cercana las carreteras pueden ser estabilizado mediante técnicas de estabilización suelo-cemento o cal o productos químicos u otros.

Fuente: *Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito*

Por lo tanto, la clasificación de la carretera por su IMD proyectado es **T1 (16<IMD<50)**

3.7 Estudio de Diseño Geométrico

La localización de una ruta entre dos puntos, uno inicial y otro terminal, establecidos como condición previa, implica encontrar una franja de terreno cuyas características topográficas y factibilidad de uso, permita asentar en ella una carretera de condiciones operativas previamente determinadas.

La localización empieza, con la determinación de un trazado tentativo mediante la señalización de una línea de banderas a través del terreno, cuando éste es de topografía plana u ondulada y de una línea de gradiente, cuando el terreno es accidentado o escarpado, en este caso, el trazo resulta controlado por las inclinaciones del terreno, Manual de Diseño geométrico DG-2014.

El plano topográfico es la representación gráfica del terreno, de sus accidentes, del sistema hidrográfico, de las instalaciones y edificaciones existentes, puestas por el hombre. El relevamiento topográfico muestra las distancias horizontales y las diferentes cotas de los elementos representados en el plano mediante curvas de nivel a escalas de adecuadas, para la interpretación del plano por el ingeniero proyectista y para la adecuada representación de la carretera y de las diversas estructuras que lo componen.

El objetivo del Estudio de Topografía ha sido elaborar la representación gráfica del terreno, de sus accidentes, del sistema hidrográfico, de las instalaciones y edificaciones existentes, puestas por el hombre. Esta información es de vital importancia para el desarrollo del Diseño Geométrico. De tránsito, por tanto, el alineamiento horizontal y vertical, distancia de visibilidad y peralte, variarán apreciablemente con la velocidad directriz. En ese sentido, considerando la Clase de Carretera y Orografía del Terreno, se determinó la Velocidad Directriz para el proyecto en 40 Km/h.

Tabla 23: *Relación de BMS ubicados en campo*

BM Nº	PROGRESI VA	COTAS	REFERENCIAS
1	0+029.77	723.337	Lado Derecho de la Vía
2	0+511.71	719.041	Lado Izquierdo de la Vía
3	0+974.58	719.355	Lado Izquierdo de la Vía
4	1+472.37	720.203	Lado Izquierdo de la Vía
5	1+928.34	719.286	Lado Izquierdo de la Vía
6	2+529.38	717.747	Lado Izquierdo de la Vía
7	2+995.43	717.041	Lado Derecho de la Vía
8	3+496.00	715.822	Lado Derecho de la Vía
9	4+030.71	717.173	Lado Izquierdo de la Vía
10	4+464.10	717.173	Lado Derecho de la Vía
11	5+224.86	716.737	Lado Derecho de la Vía
12	5+514.34	715.316	Lado Izquierdo de la Vía
13	6+001.31	715.493	Lado Derecho de la Vía
14	6+485.95	714.416	Lado Izquierdo de la Vía
15	7+013.26	714.781	Lado Izquierdo de la Vía
16	7+245.45	714.654	Lado Derecho de la Vía

Fuente: *elaboración propia*

En su Segunda Fase: Trabajo de Gabinete, se procedió a procesar la información en el software especializado denominado AIDC, para obtener finalmente una configuración de terreno con curvas de nivel y secciones transversales estacadas, con esta información se procedió a trazar la rasante de diseño y efectuar ajustes en el trazo geométrico para dar lugar al eje definitivo con sus respectivas secciones transversales, se incluyó la “caja de diseño” en función del ancho de plataforma considerado y variable según su condición de corte o relleno y su talud de reposo en la ladera correspondiente.

3.7.1 Diseño Geométrico de la Vía

El primer parámetro a definir para iniciar el proceso del Diseño Geométrico de la Vía es la Velocidad Directriz; para ello, se ha tenido en cuenta que esta vía corresponde a una Carretera Vecinal Troncal desarrollada en una longitud de 7.28 Km sobre un pendiente longitudinal promedio de pendientes moderadas, con un inicio de tramo Yuracyacu – El Valle de la Conquista.

Asimismo, otro parámetro a tener en cuenta es el IMDA (Índice Medio Diario Anual), el cual se incrementa en función del crecimiento anual del Tráfico Normal y Tráfico Generado. En efecto, y luego de analizadas las características topográficas de la zona, se adopta VELOCIDAD DIRECTRIZ 40 Km/h mínima y uniforme para todo el tramo, respetando lo establecido por el Perfil que considera una velocidad directriz en el rango 30 Km/h a 40 Km/h.

Definida la velocidad del diseño para la circulación del tránsito automotor, se procederá al diseño del eje del camino, siguiendo el trazado en planta compuesto por tramos rectos (en tangente) y por tramos de curvas circulares, y espirales de ser el caso; similarmente del trazado vertical, con tramos en pendientes rectas y con pendientes curvilíneas, normalmente parabólicas.

3.8 Alineamiento Horizontal

Se realizó el alineamiento del camino lo más cercano posible a la vía ya existente, adecuándose a las condiciones del relieve y minimizando dentro de lo razonable el número

de cambio de dirección, el trazado en planta de un tramo carretero está compuesto de la adecuada sucesión de rectas (tangentes), curvas circulares y curvas de transición.

3.8.1 Curvas Horizontales

El radio mínimo de la curva es un valor límite que está dado en función del valor máximo del peralte y del factor máximo de fricción, para una velocidad directriz determinada.

En general se deberá tratar de usar curvas de radio amplio, reservándose el empleo de radios mínimos para las condiciones más críticas, tal como se muestra en el siguiente cuadro.

Tabla 24

Radios mínimos empleados en el trazo

PI N°	KM	Radio (m)
38	5+710.209	30.00
36	5+484.255	35.00
10	1+485.396	40.00

Fuente: elaboración propia

3.8.1.1 Peralte en Curvas Horizontales

Se denomina peralte a la sobre elevación de la parte exterior de un tramo de camino en curva con relación a la parte interior del mismo, con el fin de contrarrestar la acción de la fuerza centrífuga, las curvas horizontales deben ser peraltadas.

Sin embargo, el Manual recomienda que en caminos con IMDA inferior a 200 veh/día y la velocidad directriz igual o menor a 40 Km/h, el peralte de todas las curvas podrá ser igual a 2.5%.

La variación de la inclinación de la sección transversal desde la sección con bombeo normal en el tramo recto hasta la sección con el peralte en pleno, se desarrolla una longitud de vía denominada transición.

La longitud de transición del bombeo es aquella en la que gradualmente se desvanece el bombeo adverso.

Tabla 25

Longitudes mínimas de transición de bombeo y transición de peralte (m)

Velocidad	Valor de Peralte						Transición
Directriz	2%	4%	6%	8%	10%	12%	de
(Km/h)	Longitud de Transición de Peralte (m)*						Bombeo
20	9	18	27	36	45	54	9
30	10	19	29	38	48	57	10
40	10	21	31	41	51	62	10
50	11	22	32	43	54	65	11
60	12	24	36	48	60	72	12
70	13	26	39	52	66	79	13
80	14	29	43	58	72	86	14

Fuente: Cuadro 3.2.6.1c del Manual para el Diseño de Caminos No Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito.

En el presente Proyecto, se han considerado los peraltes en curvas horizontales según el siguiente criterio:

Tabla 26

Peraltes empleados en curvas horizontales

RANGO DE VALORES DE RADIOS	Peralte
Menor o igual a 10m	8%
Mayor a 10m y Menor a 30m	7%
Mayor o igual a 30 y Menor a 40m	6%
Igual o Mayor a 40m y Menor a 60m	5%
Igual o Mayor a 60m y Menor a 80m	4%
Igual o Mayor a 80m y Menor a 120m	3%
Igual o Mayor a 120m y Menor o Igual a 150m	3%
Mayor a 150m	0%

Fuente: Manual para el Diseño de Caminos No Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito.

3.8.1.2 Sobreancho de la calzada en Curvas Circulares

La calzada se incrementa en las curvas para conseguir condiciones de operación vehicular comparable a la de las tangentes.

En las curvas el vehículo de diseño ocupa un mayor ancho que en los tramos rectos; así mismo, a los conductores les resulta más difícil mantener el vehículo en el centro del carril. En el Cuadro, se presentan los sobreanchos requeridos para calzadas de doble carril:

Tabla 27

Sobreancho de la calzada en curvas circulares (m)-(calzada de dos carriles de circulación)

Velocidad Directriz (Km/h)	Radio de Curva (m)																
	10	15	20	30	40	50	60	80	100	125	150	200	300	400	500	750	1000
20	11.91	6.52	4.73	3.13	2.37	1.92	1.62	1.24	1.01	0.83	0.70	0.55	0.39	0.30	0.25	0.18	0.14
30			4.95	3.31	2.53	2.06	1.74	1.35	1.11	0.92	0.79	0.62	0.44	0.35	0.30	0.22	0.18
40					2.68	2.20	1.87	1.46	1.21	1.01	0.87	0.69	0.50	0.40	0.34	0.25	0.21
50								1.57	1.31	1.10	0.95	0.76	0.56	0.45	0.39	0.29	0.24
60									1.41	1.19	1.03	0.83	0.62	0.50	0.43	0.33	0.27
70									1.51	1.27	1.11	0.90	0.67	0.55	0.48	0.36	0.30
80											1.19	0.97	0.73	0.60	0.52	0.40	0.33

Fuente: Manual para el Diseño de Caminos No Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito

Por otro lado, el Manual recomienda, para velocidades de diseño menores a 50 Km/h, no se requerirá de sobreancho cuando el radio de curvatura sea mayor de 500m, tampoco se requerirá sobreancho cuando las velocidades de diseño estén comprendidas entre 50 Km/h-60 Km/h y el radio de curvatura sea mayor a 800m.

3.9 Alineamiento Vertical

En el diseño vertical el perfil longitudinal conforma la rasante, la misma que está constituida por una serie de rectas enlazadas por arcos verticales parabólicos a los cuales los une rectas, que constituyen las tangentes.

En terreno del proyecto la rasante se acomodará al relieve del terreno, por economía, evitando los tramos en contrapendiente cuando deba vencerse un desnivel considerable, ya que ello conduciría a un alargamiento innecesario del recorrido de la carretera.

Los valores especificados para pendiente máxima y longitud crítica, podrán emplearse en el trazado cuando resulta indispensable. El modo y oportunidad de la aplicación de las pendientes determinarán la calidad y apariencia de la carretera.

3.9.1 Curvas Verticales

Los tramos consecutivos de rasante, serán enlazados con curvas verticales parabólicas cuando la diferencia algebraica de sus pendientes sea mayor a 2% para carreteras afirmadas de tercera clase.

Debido a los efectos dinámicos, para que exista comodidad es necesario que la variación de pendiente sea gradual, situación que resulta más crítica en las curvas cóncavas, por actuar las fuerzas de gravedad y centrífuga en la misma dirección.

Las curvas verticales serán proyectadas de modo que permitan, cuando menos, la visibilidad de una distancia igual a la de visibilidad de parada, y cuando sea razonable mayor a la distancia de visibilidad de paso.

Para la determinación de la longitud de las curvas verticales se seleccionará el Índice de Curvatura “K”. La longitud de curva vertical será igual al Índice “K” multiplicado por el valor absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes (A).

$$L = K.A \quad (27)$$

Los valores de los Índices “K” se muestran en la tabla 28, para curvas convexas y en el siguiente Tabla 29 para curvas cóncavas.

Tabla 28*Índice “K” para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa*

Velocidad Directriz Km/h	Distancia de Visibilidad de frenado m.	Índice de Curvatura K	Distancia de Visibilidad de adelantamiento	Índice de Curvatura K
20	20	0.6	-	-
30	35	1.9	200	46
40	50	3.8	270	84
50	65	6.4	345	138
60	85	11	410	195
70	105	17	485	272
80	130	26	540	338

El índice de la curvatura es la longitud (L) de la curva de las pendientes (A) $K = L/A$, por el porcentaje de la diferencia algebraica

Fuente: Cuadro 3.3.2a del Manual para el Diseño de Caminos No Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito

Tabla 29*Índice “K” para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava*

VELOCIDAD DIRECTRIZ	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE FRENADO M.	INDICE DE CURVATURA
20	20	2.1
30	35	5.1
40	50	8.5
50	65	12.2
60	85	17.3
70	105	22.6
80	130	29.4

El índice de la curvatura es la longitud (L) de la curva de las pendientes (A) $K = L/A$, por el porcentaje de la diferencia algebraica

Fuente: Cuadro 3.3.2b del Manual para el Diseño de Caminos No Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito.

3.10 Pendiente Longitudinal

En los tramos en corte se evitará, preferiblemente, el empleo de pendientes menores a 0.5%. Podrá hacerse uso de rasantes horizontales en los casos en que las cunetas adyacentes puedan ser dotadas de la pendiente necesaria para garantizar el drenaje y la calzada cuente con un bombeo igual o superior a 2%.

Tabla 30

Pendientes máximas

TOPOGRAFIA TIPO	Terreno Plano	Terreno Ondulado	Terreno Montañoso	Terreno Escarpado
VELOCIDAD DE DISEÑO:				
20	8	9	10	12
30	8	9	10	12
40	8	9	10	10
50	8	8	8	8
60	8	8	8	8
70	7	7	7	7
80	7	7	7	7

Fuente: Cuadro 3.3.3a del Manual para el Diseño de Caminos No Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito

En el caso de ascenso continuo y cuando la pendiente sea mayor a 5%, se proyectará cada 3 Km, un tramo de descanso de una longitud no menor de 500m, con pendiente no mayor de 2%. Se determinará la frecuencia y ubicación de estos tramos de descanso de manera que se consigan las mayores ventajas y los menores costos en la construcción.

En general, cuando se emplee pendientes mayores al 12%, el tramo con ésta pendiente no debe exceder a 180m. Asimismo, es deseable que la máxima pendiente promedio en tramos de longitud mayor a 2000m no supere el 6%.

En curvas horizontales con radios menores a 50m, deben evitarse pendientes en exceso a 8%, debido a que la pendiente en el lado interior de la curva se incrementa muy significativamente.

En el presente Proyecto, se han considerado pendientes hasta 8% con la finalidad de no propiciar grandes volúmenes de corte y tratando en lo posible que no excedan 180 m continuos de trazo. Asimismo, se ha considera pendiente longitudinales menores al 0.5%, por lo que la pendiente de las cunetas tendrá una pendiente mínima de 2%, con un bombeo del 3% como recomienda el Manual.

3.11 Calculo de los Elementos de las Curvas Horizontales

Curva 1: Izquierda

$I = 24^{\circ}46'40''$	$PI = 0+168.207$
$R = \dots 50.00$	$-T = 0+010.983$
$T = \dots \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 10.983$	$PC = 0+157.224$
$LC = \frac{\pi \times R \times I}{180} = 21.623$	$+LC = 0+021.623$
	$PT = 0+178.847$

Curva 2 : Derecha

$I = 3^{\circ}59'20''$	$PI = 0+275.149$
$R = \dots 50.00$	$-T = 0+001.741$
$T = \dots \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 1.741$	$PC = 0+273.408$
$LC = \frac{\pi \times R \times I}{180} = 3.481$	$+LC = 0+003.481$
	$PT = 0+276.889$

Curva 3: Izquierda

$$I = 3^{\circ}59'20''$$

$$PI = 0+381.937$$

$$R = \dots 0.00$$

$$-T = 0+000.000$$

$$T = \dots \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 0.000$$

$$PC = 0+381.937$$

$$LC = \frac{\pi \times R \times I}{180} = 0.000$$

$$+LC = 0+000.000$$

$$PT = 0+381.937$$

Curva 4: Izquierda

$$I = 8^{\circ}15'30''$$

$$PI = 0+692.587$$

$$R = \dots 50.00$$

$$-T = 0+003.610$$

$$T = \dots \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 3.610$$

$$PC = 0+688.977$$

$$LC = \frac{\pi \times R \times I}{180} = 7.207$$

$$+LC = 0+007.207$$

$$PT = 0+696.184$$

Curva 5: Izquierda

$$I = 51^{\circ}14'00''$$

$$PI = 0+779.734$$

$$R = 50.00$$

$$-T = 0+023.974$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 23.974$$

$$PC = 0+755.760$$

$$LC = \frac{\pi \times R \times I}{180} = 44.710$$

$$+LC = 0+044.710$$

$$PT = 0+800.47$$

Curva 6: Izquierda

$$I = 29^{\circ}33'40''$$

$$PI = 0+868.918$$

$$R = 40.00$$

$$-T = 0+010.554$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 10.554$$

$$PC = 0+858.364$$

$$LC = \frac{\pi \times R \times I}{180} = 20.638$$

$$+LC = 0+020.638$$

$$PT = 0+879.002$$

Curva 7: Derecha

$$I = 60^{\circ}49'50''$$

$$PI = 0+916.842$$

$$R = 30.00$$

$$-T = 0+017.612$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 17.612$$

$$PC = 0+899.230$$

$$LC = \frac{\pi \times R \times I}{180} = 31.851$$

$$+LC = 0+031.851$$

$$PT = 0+931.081$$

Curva 8 : Izquierda

$$I = 39^{\circ}32'40''$$

$$PI = 0+954.047$$

$$R = 25.00$$

$$-T = 0+008.987$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 8.987$$

$$PC = 0+945.060$$

$$LC = \frac{\pi \times R \times I}{180} = 17.255$$

$$+LC = 0+017.255$$

$$PT = 0+962.315$$

Curva 9 : Derecha

$$I = 39^{\circ}43'20''$$

$$PI = 1+007.835$$

$$R = 25.00$$

$$-T = 0+009.031$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 9.031$$

$$PC = 0+998.804$$

$$LC = \frac{\pi \times R \times I}{180} = 17.332$$

$$+LC = 0+017.332$$

$$PT = 1+016.136$$

Curva 10 Derecha

$$I = 43^{\circ}16'10''$$

$$PI = 1+338.787$$

$$R = 100.00$$

$$-T = 0+039.663$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 39.663$$

$$PC = 1+229.124$$

$$LC = \frac{\pi \times R \times I}{180} = 75.519$$

$$+LC = 0+075.519$$

$$PT = 1+374.644$$

Curva 11: Izquierda

$$I = 51^{\circ}17'40''$$

$$PI = 0+534.695$$

$$R = 30.00$$

$$-T = 0+014.404$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 14.404$$

$$PC = 0+520.291$$

$$LC = \frac{\pi \times R \times I}{180} = 26.858$$

$$+LC = 0+026.858$$

$$PT = 0+547.149$$

Curva 12: Derecha

$$I = 26^{\circ}11'40''$$

$$PI = 0+574.445$$

$$R = 60.00$$

$$-T = 0+013.959$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 13.959$$

$$PC = 0+560.486$$

$$LC = \frac{\pi \times R \times I}{180} = 27.431$$

$$+ LC = 0+027.431$$

$$PT = 0+587.916$$

Curva 13: Derecha

$$I = 43^{\circ}59'20''$$

$$PI = 0+633.957$$

$$R = 60.00$$

$$-T = 0+024.235$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 24.235$$

$$PC = 0+609.722$$

$$LC = \frac{\pi \times R \times I}{180} = 46.065$$

$$+ LC = 0+046.065$$

$$PT = 0+655.787$$

Curva 14: Izquierda

$$I = 34^{\circ}56'40''$$

$$PI = 0+677.252$$

$$R = 50.00$$

$$-T = 0+015.738$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 15.738$$

$$PC = 0+661.514$$

$$LC = \frac{\pi \times R \times I}{180} = 30.495$$

$$+ LC = 0+030.495$$

$$PT = 0+692.008$$

Curva 15: Derecha

$$I = 45^{\circ}47'10''$$

$$PI = 0+732.671$$

$$R = 30.00$$

$$-T = 0+012.668$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 12.668$$

$$PC = 0+720.003$$

$$LC = \frac{\pi \times R \times I}{180} = 23.974$$

$$+LC = 0+023.974$$

$$PT = 0+743.976$$

Curva 16: Derecha

$$I = 30^{\circ}57'50''$$

$$PI = 0+774.808$$

$$R = 60.00$$

$$-T = 0+016.619$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 16.619$$

$$PC = 0+758.189$$

$$LC = \frac{\pi \times R \times I}{180} = 32.425$$

$$+LC = 0+032.425$$

$$PT = 0+790.614$$

Curva 17: Izquierda

$$I = 11^{\circ}13'00''$$

$$PI = 0+808.395$$

$$R = 30.00$$

$$-T = 0+002.946$$

$$T = \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 2.946$$

$$PC = 0+805.449$$

$$LC = \frac{\pi \times R \times I}{180} = 5.873$$

$$+LC = 0+005.873$$

$$PT = 0+811.322$$

Curva 18: Izquierda

$$\begin{aligned}
 I &= 79^{\circ}36'10'' & PI &= 5+940.555 \\
 R &= 100 & -T &= 0+083.121 \\
 T &= \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right) = 83.121 & PC &= 5+827.234 \\
 LC &= \frac{\pi \times R \times I}{180} = 138.933 & +LC &= 0+138.933 \\
 & & PT &= 5+996.167
 \end{aligned}$$

3.12 Estudio de Señalización

En el tramo del proyecto se proyectaron señales de tránsito de tipo informativa, preventiva y reglamentaria como se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 31

Señales de Tránsito Proyectadas

PROGRESIVA		TIPO	LADO	DESCRIPCIÓN
0+000	I-8	Informativa	Derecha	Poste de kilometraje
0+740	P-34	Preventiva	Derecha	Badén
0+840	P-34	Preventiva	Izquierda	Badén
0+880	P-34	Preventiva	Derecha	Badén
1+020	P-34	Preventiva	Izquierda	Badén
1+000	I-8	Informativa	Izquierda	Poste de kilometraje
1+160	R-30	Reglamentaria	Izquierda	Velocidad Máxima (R-30)
1+520	P-3B	Preventiva	Derecha	Curva y Contra curva pronunciada a la izquierda
1+820	P-3B	Preventiva	Izquierda	Curva y Contra curva pronunciada a la izquierda
1+840	P-1B	Preventiva	Derecha	Curva Pronunciada a la Izquierda
2+000	I-8	Informativa	Derecha	Poste de kilometraje
2+000	P-1A	Preventiva	Izquierda	Curva Pronunciada a la Derecha
2+300	P-34	Preventiva	Derecha	Badén
2+420	P-34	Preventiva	Izquierda	Badén

3+000	I-8	Informativa	Izquierda	Poste de kilometraje
3+040	P-2B	Preventiva	Derecha	Curva a la Izquierda
3+200	P-2A	Preventiva	Izquierda	Curva a la Derecha
3+220	P-1A	Preventiva	Derecha	Curva Pronunciada a la Derecha
3+380	P-1B	Preventiva	Izquierda	Curva Pronunciada a la Izquierda
3+420	P-4B	Preventiva	Derecha	Contra curva a la Izquierda
3+740	P-5-1	Preventiva	Derecha	Camino Sinuoso
3+780	P-4B	Preventiva	Izquierda	Contra curva a la Izquierda
4+000	I-8	Informativa	Derecha	Poste de kilometraje
4+160	P-34	Preventiva	Derecha	Badén
4+300	P-34	Preventiva	Izquierda	Badén
4+320	P-5-1	Preventiva	Izquierda	Camino Sinuoso
4+400	P-3A	Preventiva	Derecha	Curva y Contra curva pronunciada a la Derecha
4+640	P-3A	Preventiva	Izquierda	Curva y Contra curva pronunciada a la Derecha
5+000	I-8	Informativa	Izquierda	Poste de kilometraje

Fuente: Elaboración Propia

3.13 Estudio de Drenaje

El drenaje superficial de la carretera tiene por finalidad manejar en forma adecuada el agua proveniente de las precipitaciones, así mismo evitar el deterioro de la carretera para lograr un adecuado mantenimiento a fin de brindar un buen servicio de transporte.

El manejo de agua se logra haciendo uso de un adecuado diseño y dimensionamiento de estructura hidráulica y estructura de la carretera. Si hablamos de estructura de la carretera nos referimos a bombeos y pendientes.

A lo largo del camino vecinal en estudio, se tiene que entre las progresivas Km. 5+00 - Km. 7+280 son proclives a inundaciones por la crecida del río Mayo y la presencia de canales y arrozales que hacen que el suelo permanezca constantemente saturado, estos fenómenos se producen mayormente en épocas de lluvias.

Ubicación:

Localidades: Yuracyacu –El Valle de la Conquista

Distrito: Rioja

Provincia: Rioja

Región: San Martín

La ubicación geográfica del distrito de Rioja está dada por las coordenadas 06° 02'00" de Latitud Sur y 76°58'19" Latitud Oeste a 860 metros sobre el nivel de mar, en la Región de San Martín, que se encuentra ubicado en la Selva Alta del Nor Oriente Peruano, entre los paralelos 5°24' y 8°47' de latitud sur a partir del Ecuador y los meridianos 75°27' y 77°84' de longitud Oeste. Limita por el Norte con el departamento de Loreto, por el Este con los departamentos de Loreto y Huánuco, por el Sur con el Departamento de Huánuco y por el Oeste con los departamentos de La Libertad y Amazonas. Contiene territorios de selva alta y baja.

3.14 Ubicación de Fuentes de Agua

En todo el recorrido de la carretera objeto del proyecto se cuenta con puntos de captación de agua:

Río Mayo: Progresiva 0+000 Km–7+280

CONCLUSIONES

El tramo en estudio comprende 7+280. km. de camino vecinal, la topografía del lugar es alta y baja.

Existe un tramo con mucha deficiencia a mejorar del 4+820 al 5+100 de material arenisca y arcillosa.

Se aprecia una estratigrafía casi homogénea horizontal del terreno, los suelos de mayor predominio son las arcillas y arenas de mediana plasticidad.

La profundidad mínima de las calicatas fue de 1.50 m respecto a la altura natural del terreno.

En el tramo en su totalidad, se tendrá que realizar trabajos de mejoramiento de sub rasante con el material granular existente en la plataforma.

Con la elaboración de la propuesta diseño se lograrán los niveles de seguridad, comodidad y de estética, necesarios para que el diseño geométrico del camino vecinal, tenga los niveles de servicialidad adecuados para los volúmenes de tránsito actuales, garantizando su funcionabilidad mientras cumple su vida útil.

El diseño geométrico de la carretera cumple con todos los criterios y recomendaciones del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras 2014 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú.

La vía proyectada tiene 6 m de ancho de plataforma, de dos carriles, cada uno por sentido. Tiene pendientes en el orden de 3% y en casos puntuales 4%. La velocidad de diseño es de 40 Km/h y el radio de giro mínimo es de 45 m. Todas las curvas horizontales son mayores al radio mínimo, siendo la menor de 60 m.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar una variante para así mejorar las pendientes, el diseño geométrico propuesto ya que este fue determinado mediante un estudio profundo de las condiciones de la carretera y obtenido en base a todos los elementos que lo integran.

Para compensar algunos cambios en el medio ambiente se recomienda la forestación en los lugares apropiados con árboles que no interfieran en el óptimo funcionamiento de la vía.

La carretera se ha diseñado a una velocidad de 40 Kph, debido a que permite el diseño de elementos geométricos que se adaptan mejor al terreno y debido a que la demanda no es la más alta para hacerla de 50 Kph. Es posible que en un futuro la demanda aumente considerablemente a partir de mejorar y rediseñar los tramos del 4+820 al 5+100 de la vía existente. Si esto ocurre, en aquel momento se podrá redefinir la velocidad de diseño a 50 Kph de modo que se mejoren los radios y se amplíe el ancho de la calzada. La carretera diseñada en la presente tesis permite que, con ligeras modificaciones, la velocidad en un futuro sea de 50 Kph.

Si bien se hace la mejor propuesta de seguridad vial a partir de la señalización, es obligación y deber de los usuarios de la vía asimilar la idea de conducir siempre de forma prudente. Muchos de los accidentes en carreteras es producto de malas maniobras de los conductores o irresponsabilidades escandalosas por parte de los usuarios, como son conducir en estado de ebriedad, conducir cansado y dormir al volante, adelantar en zonas prohibidas, etc.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

CÁRDENAS, James (2015). *Diseño Geométrico de Carreteras*. Lima: Primera Edición. Macro EIRL.

CÁRDENAS GRISALES, JAMES (2013). *Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogotá, Colombia.

CIVIL CONSULTING & CADEXPRESS, (2016:1). *Taller de Aplicaciones Viales*. Lima-Perú.

CIVIL CONSULTING & CAD EXPRESS (2016:7). “*Generalidades*”. Material del curso Uso del software AutoCAD Civil 3D, aplicado al diseño de carreteras en el Perú. Lima: Civil Consulting & CAD Express.

IBÁÑEZ WALTER (2012). *Manual de Costos y Presupuestos de Obras Viales*. Lima: primera Edición.

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI 2018:9), *el crecimiento económico del Perú*. Lima-Perú.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA (2018). *Informe Técnico N°02. Producto Bruto Interno Trimestral, Comportamiento de la Economía Peruana en el Primer Trimestre de 2018*. Lima. Consulta 08 de agosto de 2018.

Instituto Nacional de Estadística e Informática (2007), *Censo Poblacional*. Lima.

JOHN JAIRO AGUDELO OSPINA (2002) tesis de grado, “*Diseño Geométrico de Vías*”, de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014) presenta la *versión Manual de Carreteras “Diseño Geométrico (DG-2014)”*. Lima-Perú.

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014). *Manual Ambiental para la Rehabilitación y Mantenimiento de Caminos Rurales*, Lima-Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014). *Manual para el Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito*, Lima-Perú.
- Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción (2014). *Reglamento de Señalización*, Lima-Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014). *Normas Peruanas para el Diseño de Carreteras y Normas para el Diseño de Caminos Vecinales*, Lima Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014). *Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras* (MDCTACC). Lima-Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014). *Manual para el Diseño de Caminos No Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito [PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE RURAL PROVÍAS RURAL]*. Lima-Perú.
- MORALES U, WALTER (2013). publica su libro denominado: “*Infraestructura de riego*”. Informes de ingeniería. Piura-Perú.
- PONCE, J. (2008). *Estudio Definitivo a nivel de ejecución del Camino Vecinal Calzada - Sector Potrerillo Km 0+000 - Km 2+920*, Informe de Ingeniería. Tarapoto-Perú.
- RIOS VARGAS, CALEB (2015). *Diseño Geométrico y Asfaltado de la Avenida Circunvalación - Tarapoto*, Informe de Ingeniería. Tarapoto Perú.

ANEXOS

Anexo 01. Encuesta de Proyección**ENCUESTA**

1. ¿HAS OBSERVADO DEFICIENCIAS O IRREGULARIDADES EN EL ESTADO DE LA CARRETERA QUE USAN NORMALMENTE?

– Sí **85.08 %**

– No **14.92%**

2. ¿EXISTE ALGUN PUNTO O TRAMO DE CONCENTRACION DE ACCIDENTES POR LA CARRETERA POR LAS QUE CIRCULAS NORMALMENTE?

– Sí **75.08 %**

– No **24.92%**

3. ¿CUÁNDO FUE LA ULTIMA VEZ QUE SE HICIERON REPARACIONES O TRABAJOS DE CONSERVACION POR LA CARRETERA?

– Hace menos de un año **20.61%**

– Entre 1 y 2 años **40.09%**

– Más de 5 años **14.34%**

– No sabe / No contesta **24.96%**

4. ¿CREES QUE ES SUFICIENTE EL MANTENIMIENTO QUE SE REALIZA ACTUALMENTE EN LA CARRETERA?

– Sí **3.73%**

– No **87.21%**

– No sabe / No contesta **9.06%**

5. DESDE QUE OBSERVASTE QUE LAS CARRETERAS QUE USAS SE ENCONTRABAN DETERIORADAS, ¿CUÁNTO TIEMPO HA PASADO HASTA QUE SE HAN INICIADO REPARACIONES?

– Hace menos de un año **3.28%**

– Entre 1 y 2 años **11.76%**

– Entre 2 y 5 años **19.47%**

- Más de 5 años **20.7%**
- No se han realizado nunca reparaciones **17.09%**
- No sabe / No contesta **27.7%**

6. ¿ALGUNA VEZ SE MALGRÓ TU MOTO POR CULPA DE LOS BACHES DE LA CARRETERA?

- Si **87.21%**
- No **12.79%**

7. ¿USTED CREE QUE LA CARRETERA ES APROPIADA PARA TRANSITAR CON VEHICULOS PESADOS?

- Si **5%**
- No **95%**

8. ¿COMO ANALIZA AL GOBIERNO LOCAL CON LAS PETICIONES PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA?

- Bueno **1%**
- Regular **15%**
- Malo **84%**

9. ¿QUIEN CREES QUE ES EL RESPONSABLE DE MANTENER LAS CARRETERAS EN BUEN ESTADO?

- La alcaldía **75%**
- Gobierno **25%**

10. ¿QUE CONSECUENCIAS GENERAN EL MAL ESTADO DE LA CARRETERA?

- El alza de los pasajes
- Pérdidas de productos de agricultura
- Accidentes en la carretera, etc.

11. ¿CUENTAN CON CUNETAS Y ALCANTARILLAS LAS CARRETERAS?

- Sí **10 %**
- No **85%**

- No sabe / No contesta **5%**

12. ¿CUENTA CON SEÑALIZACIONES LA CATERA?

- Sí **3 %**
- No **95%**
- No sabe / No contesta **2%**

13. ¿LOS TIPOS DE CULTIVOS DE MAYOR PRODUCCIÓN EN ESTÁ ZONA?

- Arroz **50%**
- Maíz **20%**
- Cacao **10%**
- Café **10%**
- Yuca **5%**
- Ganadería **5%**

**14. ¿PRECIO DE TRANSPORTE EN EL TRAMO EN ESTUDIO YURACYACU-
EL VALLE DE LA CONQUISTA?**

- **6.00 Nuevos Soles** (carretera en buen estado, mantenimiento respectivo)
- **8.00 Nuevos Soles** (en épocas de lluvia, cuando no cuentan con un estado de transitabilidad adecuado)

Anexos 02: Planos